

Memorias del Premio "Dr. Fernando Cuevas" 2010

Energía, cambio climático y desarrollo sostenible: los desafíos para América Latina

Fernando Cuevas
1949-2009
In Memoriam



NACIONES UNIDAS

CEPAL





Memorias del premio 2010
«Dr. Fernando Cuevas»

Energía, cambio climático y desarrollo sostenible: los desafíos para América Latina

Fernando Cuevas Moreno
1949-2009

In Memoriam



CEPAL

La presente compilación de artículos —preparados por sus autores con motivo de la convocatoria al Premio Dr. Fernando Cuevas 2010— ha sido realizada por la Unidad de Energía y Recursos Naturales (UERN) de la Sede Subregional de la CEPAL en México. Con motivo de dicha ocasión fueron invitados profesionales del sector energético de América Latina y el Caribe a presentar trabajos sobre el tema «*Energía, cambio climático y desarrollo sostenible: los desafíos para América Latina»*.

Los premios para los dos artículos ganadores —Primer Lugar: «Monopolios de Estado y Política del Cambio Climático en México ¿Bastiones de Cambio o Barreras Estratégicas?», de Miriam Grunstein (págs. 291-302 del presente documento), y el Segundo Lugar, «Cuentas de energía como instrumento para evaluar eficiencias sectoriales en la región Centroamericana», de Juan Pablo Castañeda, Juventino Gálvez, Renato Vargas y Héctor Tuy (págs. 490-509 del presente documento)— fueron entregados durante el Tercer Encuentro Latinoamericano de Economistas de Energía («3ELAEE: Energía, cambio climático y desarrollo sostenible: Los desafíos para América Latina»), realizado en el Centro de Convenciones de la Universidad Católica, Buenos Aires, Argentina, los días 18 y 19 de abril de 2011. El presente documento contiene los artículos recibidos y aceptados para su revisión por parte del Comité Académico conformado para el Premio.

Las opiniones expresadas en los artículos de esta compilación, misma que no ha sido sometida a revisión editorial formal, son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de la Organización o con las de las empresas e instituciones a las cuales los autores pertenecen.

Los límites y los nombres que figuran en los mapas incluidos en esta compilación no implican su apoyo o aceptación oficial por las Naciones Unidas.

La palabra “dólares” se refiere a dólares de los Estados Unidos, salvo que se indique lo contrario.

Publicación de las Naciones Unidas
ISSN 1680-8800
LC/MEX/TS.2017/22
Distribución Limitada

Impreso en Naciones Unidas, Ciudad de México • 2017-050

Índice

Cuadros

Gráficos

Diagramas

Mapas

PRESENTACIÓN

Esta publicación está dedicada a la memoria del doctor Fernando Cuevas Moreno, quien formara parte del primer equipo de profesionales centroamericanos que, bajo la coordinación de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), analizaron y estudiaron en 1974 los primeros esquemas de interconexión eléctrica regional. Fernando Cuevas tuvo una destacada carrera profesional, la que se remonta a los primeros años de la década de 1970, cuando trabajó como ingeniero en la Empresa Nacional de Luz y Fuerza (ENALUF), en su país natal, Nicaragua. En 1980 fue nombrado Viceministro de Energía de Nicaragua, cargo que desempeñó durante más de diez años y desde donde pudo apoyar e impulsar importantes proyectos de desarrollo energético de su país, así como otras iniciativas de integración energética regional, entre ellas el Consejo de Electrificación de América Central (constituido legalmente en 1985) y en las primeras negociaciones del Sistema de Interconexión Eléctrica de América Central (SIEPAC).

En 1994 se incorporó a la Sede Subregional de la CEPAL en México, desempeñando el cargo de Jefe de la Unidad de Energía y Recursos Naturales, hasta el día de su lamentable partida, en septiembre de 2009. Durante sus 15 años de trabajo en la CEPAL realizó una fructífera labor que incluyó la coordinación de muchos proyectos regionales y subregionales, tanto a nivel centroamericano como mesoamericano. Destacan, por ejemplo, la coordinación de los estudios y propuesta para la Estrategia Energética Centroamericana Sostenible 2020. Asimismo, promovió la participación de la CEPAL en los estudios sobre el cambio climático en Centroamérica, coordinando la primera evaluación regional sobre ese tema.

En su memoria, la CEPAL organizó y convocó al «Premio Fernando Cuevas» en 2010. Fueron invitados profesionales del sector energético de América Latina a presentar trabajos sobre el tema «*Energía, cambio climático y desarrollo sostenible: los desafíos para América Latina*».

Los premios para los dos trabajos ganadores —Primer Lugar: «Monopolios de Estado y Política del Cambio Climático en México ¿Bastiones de Cambio o Barreras Estratégicas?», de Miriam Grunstein, y Segundo Lugar, «Cuentas de energía como instrumento para evaluar eficiencias sectoriales en la región Centroamericana», de Juan Pablo Castañeda, Juventino Gálvez, Renato Vargas y Héctor Tuy— fueron entregados durante el Tercer Encuentro Latinoamericano de Economistas de Energía («3ELAEE: Energía, cambio climático y desarrollo sostenible: los desafíos para América Latina»), realizado los días 18 y 19 de abril de 2011 en el Centro de Convenciones de la Universidad Católica, Buenos Aires, Argentina. Esta compilación contiene los trabajos recibidos y aceptados para revisión por parte del Comité Académico del evento.

Premio «Dr. Fernando Cuevas» 2010

Palabras del doctor Hugo Altomonte, OiC de la División de Recursos Naturales e Infraestructura de la CEPAL[1]

«Queridas Ivania y Vera-Martina,

Estimados Jacques, Gerardo, colegas de América Latina, de Europa y de los Estados Unidos,

Estimadas amigas y amigos,

En nombre de la Secretaria Ejecutiva de la CEPAL, Alicia Bárcena, quiero agradecer a los organizadores del Tercer Encuentro Latinoamericano de Economistas de la Energía esta oportunidad para poder rendir tributo a mi amigo y compañero de trabajo Fernando Cuevas.

Cuando conocí a Fernando, a inicios de la década de 1980, como Viceministro de Energía de su querida Nicaragua, tuvimos una empatía —o buena química como dirían los jóvenes en la actualidad— que se profundizó con el correr de los años. A pesar de la distancia entre México y Santiago, nos hicimos muy amigos, o cuates como le gustaba llamarnos a Fernando, amistad que se forjó tanto por el respeto intelectual, como por el respeto a las personas y a la diversidad de nuestro mundo laboral. También en el respeto a la heterogeneidad de nuestros países y sus gentes, **pero sobre todo en el respeto a las confianzas mutuas e inquebrantables que supimos abonar diariamente.**

Ingeniero electromecánico en la Universidad Centroamericana de Managua, Nicaragua, Fernando obtuvo una maestría en Sistemas de Potencia en Nueva York, y otra en economía de la energía en el Institut d'Economie et Politique de l'Energie, en Grenoble. Posteriormente alcanzó el doctorado en economía, en la Universidad de Montpellier con la tesis La regulación de un monopolio natural. El caso de la industria eléctrica en América Latina. Un enfoque político–económico bajo la dirección de mi predecesor en la palabra, el Profesor Jacques Percebois.

Fernando tuvo una destacada carrera profesional que se remonta a los primeros años de la década de 1970, cuando trabajó como ingeniero en la Empresa Nacional de Luz y Fuerza (ENALUF). Posteriormente desempeñó cargos de responsabilidad, y fue, como dije antes, Viceministro de Energía entre 1984 y 1989, donde impulsó importantes proyectos de desarrollo energético de su país, así como otras iniciativas de integración energética subregional, entre ellas la creación del Consejo de Electrificación de

---

[1] Hugo Altomonte, Oficial a Cargo, División de Recursos Naturales e Infraestructura, CEPAL/Santiago. Tel.: (56-2) 210 2303 ● C.E.: hugo.altomonte@cepal.org. Estadístico matemático, egresado de la Universidad Nacional de Rosario, Argentina. Doctor en Economía de la Energía. Egresado de la Universidad de Ciencias Sociales de Grenoble. Francia. Ha sido Vicepresidente y profesor titular del Instituto de Economía Energética, asociado a la Fundación Bariloche de Argentina. Profesor de Economía de la Energía en varios cursos de posgrado organizados por diversas instituciones (Unión Europea, Ministerio de Relaciones Exteriores de Francia, OLADE, Universidad Complutense de Madrid, PNUD, entre otros) en Francia, Senegal, Ecuador, Guatemala, Argentina, entre otros países. Responsable del Programa de Capacitación del Centro de Capacitación de las Naciones Unidas-Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). Ha publicado numerosos artículos y participado en varios seminarios y congresos internacionales. Asesor Técnico principal del Proyecto de cooperación entre el PNUD y la OLADE. Experto regional de Energía en la CEPAL, coordinó el proyecto sobre Energía y Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe de OLADE-CEPAL-GTZ. Ha trabajado en temas relativos a reformas y regulación en el sector energético, y políticas energéticas para el desarrollo sostenible de América Latina y El Caribe. Actualmente, es Economista Senior y Oficial a Cargo de la División de Recursos Naturales e Infraestructura de CEPAL.

América Central (constituido legalmente en 1985). Entre 1987 y 1989 tuvo una participación muy activa y destacada, cuando representó a su país en las primeras negociaciones del Sistema de Interconexión Eléctrica de América Central (SIEPAC).

Fernando fue un incansable propulsor de la integración energética centroamericana y sus instituciones. En sus actuaciones más recientes destacan la coordinación que hizo de los estudios y propuesta para la Estrategia Energética Sostenible para 2020, aprobada por los ministros responsables de los sectores de energía de los países centroamericanos en noviembre de 2007. En México, representando a la CEPAL, coordinó el primer estudio sobre externalidades ambientales en la refinación y en la generación termoeléctrica, trabajo desarrollado con la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales de México (SEMARNAT). También en México apoyó el programa de maestría en economía de la energía de la UNAM, institución en la cual dirigió y asesoró varias investigaciones doctorales.

Fernando tuvo la visión de promover la participación de la CEPAL en los estudios sobre el cambio climático en Centroamérica. En 2008 coordinó la primera evaluación subregional sobre ese tema, lo que permitió a la CEPAL iniciar en 2009 el proyecto sobre la economía del cambio climático en Centroamérica, que se presentó en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático de Cancún, en diciembre de 2010.

Dirigió y participó en decenas de estudios relacionados con el nivel de competencia en mercados de hidrocarburos y electricidad. Asimismo, tuvo una actividad académica importante con su participación en diversos seminarios sobre reformas energéticas y mercados mayoristas de electricidad.

Fue un profesional comprometido con su país y por sobre todas las cosas con su región. Dirigió la Unidad de Energía de la Sede Subregional de la CEPAL de México desde marzo de 1994 hasta septiembre de 2009. Durante toda su vida profesional, asumió un fuerte compromiso con la integración energética regional, el desarrollo sostenible de nuestras naciones y el respeto por las condiciones ambientales y las futuras generaciones, alentando la formación de instituciones que hoy se mantienen vigentes y que persiguen estos objetivos.

Ivania, Vera-Martina, colegas, Fernando nos dejó una vara muy alta. Por su dedicación, entereza, profesionalismo y por su forma de encarar los problemas del cotidiano de la política: con firmeza de argumentos pero escuchando,

a) prefería la sobriedad a la presunción,
b) y cosa muy rara, en la época que nos tocó transitar juntos, anteponía las ideas y el análisis al ideologismo de la década de 1990.

Hasta aquí hablé sobre Fernando. Pero si él estuviese hoy presente, yo tendría muchas cosas que comentarle. Y es lo que voy a hacer. Te voy a hablar a ti, amigo, pero para no extenderme demasiado, te voy a comentar solo tres cosas:

a) la primera es que este año no podremos hablar de fútbol: todo mal amigo. El equipo de Elder el Flamengo, más o menos pese a haber repatriado al gran Ronaldinho; el de Gerardo ahí peleando para no estar muy abajo en la tabla de posiciones y eliminado de la Copa Libertadores —aunque cuando hables con él dile que lo hicieron dignamente—; y del mío no te hablo, sólo quiero decirte que con humildad saldremos del pozo en que nos encontramos y que ni siquiera el orgullo de que Messi sea rosarino me consuela;
b) Lo segundo es decirte que has dejado un vacío muy importante, difícil de colmar plenamente. Pero, pese a ello, con el apoyo de todos nosotros a Hugo Ventura y su equipo, estamos tratando

de no perder lo que construiste en CEPAL/México y el sitial que la Sede Subregional tiene en Centroamérica. Hoy vemos que las grandes instituciones vuelven a hablar de planificación, de necesidad de regular, para algunos —de controlar, para otros— el mercado de capitales; de no desarticular las cadenas energéticas de sistemas pequeños y medianos; en fin, de tantos otros temas por los cuales has luchado y has entregado gran parte de tu tiempo y has sido uno de sus críticos asertivos.

i) De la estrategia para un desarrollo sostenible de la región centroamericana —de la que fuiste precursor y que discutimos ampliamente— surgieron varios temas y proyectos de crucial importancia que ubican a la subregión en la avanzada del tema si la comparamos con el resto de América Latina y el Caribe; hoy el SIEPAC es casi una realidad; para junio de este año se terminará de construir el tramo Palmar Norte-Río Claro y en noviembre Parrita-Palmar Norte.

ii) Como puedes ver amigo, seguimos avanzando en los temas, repito, para los cuales has sido pionero y en los cuales te has ganado el respeto de las autoridades políticas y académicas de América Latina y de fuera de nuestra región. Como tú sabes amigo, y parafraseando a José Martí, «…Los hombres no pueden ser más perfectos que el sol. El sol quema con la misma luz con que calienta. El sol tiene manchas. Los desagradecidos no hablan más que de las manchas. Los agradecidos hablan de la luz».

c) El tercero es contarte que decidimos hacer un **homenaje a tu trayectoria.** Conjuntamente con la Secretaria Ejecutiva, Alicia Bárcena, con Hugo Eduardo Beteta y Víctor Hugo Ventura de la Sede Subregional de la CEPAL en México, y con Gerardo Rabinovich, en representación de los organizadores de este Tercer Encuentro Latinoamericano de Economistas de la Energía (abril de 2011), tuvimos la iniciativa de premiar a los dos mejores trabajos en temas relacionados con Energía, Cambio Climático y Desarrollo Sostenible. Este concurso estuvo dirigido a profesionales e investigadores de Centroamérica y el Caribe que trabajan en empresas energéticas, organismos públicos o privados, instituciones académicas, ONG, y toda aquella organización relacionada con estos temas.

Antes de mencionar a los ganadores y otorgarles el diploma que los acredita como tal, y dado que este es un homenaje a tu memoria, quiero despedirme de ti, amigo, solicitando a los concurrentes que lo hagamos con el sostenido aplauso que mereces.

Muchas gracias».

Breve resumen de los antecedentes de la Sede Subregional de la CEPAL en México en materia de energía

La Sede Subregional de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) en México fue establecida en 1951. Uno de los primeros temas de trabajo impulsados por esta oficina fue la industrialización, privilegiando en Centroamérica el impulso de la integración. El planteamiento básico consideraba la creación de una unión aduanera y la liberación del comercio, a la vez que se impulsaba el desarrollo industrial a escala regional basado en la sustitución de importaciones. Todo ello suponía un enorme desarrollo de la infraestructura de transporte, de energía, y de otros sectores, así como la integración de equipos de análisis muy consistentes. En 1958 la CEPAL conformó el Subcomité Centroamericano de Electrificación, con el objeto de estudiar los problemas de este sector y de impulsar su desarrollo de acuerdo con las necesidades crecientes de la integración. Un breve resumen de principales tareas abordadas por la CEPAL, en el marco del subcomité referido, fueron:

a) el fortalecimiento de las empresas públicas de electricidad, la mayor parte de ellas conformadas al final de la década de los cincuenta;
b) durante la década de 1960 se estudiaron y evaluaron varios esquemas de desarrollo combinado de sistemas eléctricos limítrofes, así como las primeras interconexiones binacionales, y
c) en la década de 1970 se evaluó y propuso el primer sistema de interconexión eléctrica regional y se apoyó a los países a la conformación de los primeros grupos y comités regionales, dirigidos por los países, encargados de promover y operar las interconexiones subregionales y de promover la integración eléctrica regional.

A partir de la década de 1980, el tema energético se empezó a abordar en un contexto más amplio, enfatizando en el suministro eficiente de los hidrocarburos, el desarrollo de las fuentes renovables de energía, la transformación de las industrias energéticas (procesos de liberalización y formación de mercados energéticos, así como las respectivas regulaciones). En el presente milenio la agenda se ha enfocado al apoyo a los gobiernos en los programas y acciones para enfrentar los choques petroleros y el cambio climático. Las estrategias propuestas han considerado acciones para mejorar la eficiencia energética, la diversificación de la matriz energética, y la transición a economías bajas en carbono.

Los países que atiende la Sede Subregional de la CEPAL en México constituyen la vanguardia de la cooperación energética, no solo a nivel latinoamericano si no también a nivel de los países en desarrollo. Ejemplo de lo anterior es el emprendimiento para conformación de un mercado eléctrico regional, los esquemas de cooperación petrolera y la estrategia centroamericana de desarrollo energético sostenible.

En todo este proceso de cooperación e integración energética ha sido fundamental el aporte de los países, sus instituciones y sus funcionarios. De igual forma ha sido muy valioso el papel de las instituciones regionales encargadas de la integración regional, la cooperación internacional y las instituciones multilaterales.

Con mucho agrado la CEPAL puede afirmar su satisfacción por haber iniciado y acompañado a los países de la subregión en este sendero de la integración, labor en la cual reconocemos el valioso aporte y dedicación de las personas que han colaborado con nuestra institución, entre ellas el Sr. Fernando Cuevas Moreno, a cuya memoria se dedica este documento.



Módulo 1

Biocombustibles

Artículo I.I
Biofuels or Biofools: a Socio-Ecological Critique of Agrofuels

Gerardo Otero*
Department of Sociology and Anthropology, Simon Fraser University (Canada)

Resumen

La petrodependencia es insostenible debido a: 1) que la fuerte dependencia del petróleo del Medio Oriente la convierte en un asunto geopolítico; 2) los crecientes precios del petróleo cuestionan su viabilidad económica; y 3) la evidencia creciente del calentamiento global debido a la emisión de gases de invernadero cuestiona la sostenibilidad del paradigma de la petrodependencia. Países con industrias agrícolas fuertes, como los Estados Unidos y el Brasil, se han convencido de la viabilidad económica y sostenibilidad de los agrocombustibles en comparación con el petróleo.

Aunque ofrecen justificaciones ambientales para promover los agrocombustibles, sus razones principales han sido militar-estratégicas, como forma de mantener la soberanía energética de manera compatible con el complejo automotriz-petrolero. Los críticos de los «biocombustibles», en contraste, cuestionan su eficiencia energética y su sostenibilidad económica y ecológica. El propósito de este ensayo es contribuir a este debate respondiendo la siguiente pregunta: ¿es posible ofrecer una alternativa sostenible a la petrodependencia mediante los biocombustibles, específicamente los agrocombustibles?

Enmarcamos este análisis con respecto a si la política pública debe promover los biocombustibles o la trascendencia del paradigma petrodependiente. En este marco, la política pública con respecto a los agrocombustibles se debe enfocar en la optimización simultánea de: i) las *ganancias* de energía; y ii) la *reducción* de emisiones de gases de efecto invernadero, a la vez que iii) se preserve la *diversidad biológica* y iv) se asegure la *autosuficiencia alimentaria*. Anclamos nuestro análisis en información empírica acerca de los casos de los Estados Unidos y el Brasil, dos de los mayores productores mundiales de etanol.

* Contacto: Tel.: (+778) 782-4508 ● C.E.: otero@sfu.ca.

> Biofuels... are at best a marginal, short-term solution to central problems of energy and the environment *(Pistonesi and others, 2008:6).*

> Agrofuels are a direct outgrowth of the «Green Revolution», which may be viewed... as a short-lived but violent disturbance of terrestrial ecosystems on the Earth *(Patzek 2008:24).*

> The agrofuels project represents the ultimate fetishisation of agriculture, converting a source of human life into an energy input at a time of rising prices *(McMichael 2009a:155).*

Fossil-fuels have been the main energy source since the turn of the twentieth century, particularly in modern agriculture and transportation. By the twenty-first century, global capitalism had generated such fossil-fuels dependency, or petro dependency, that its sustainability became problematic on at least three fronts: i) United States heavy reliance on imported oil from the Middle East (with total imports above 60% of the United States domestic consumption), a highly volatile region, has turned into a world-geopolitical issue, while United States domestic petrol prices are artificially less than half of those in most rich countries (*The Economist* 2011); ii) Increasing oil prices due to declining oil reserves and increasing costs in oil extraction have questioned its economic viability; and iii) Mounting evidence that global warming is a result of greenhouse gas (GHG) emissions, most of which result from the burning of fossil fuels, has questioned the ecological sustainability of the fossil-fuels paradigm.

As with all crises, policy makers and scholars have tried to find a way out, sometimes by patching up the existing petro dependency paradigm with technological «improvements», but others by suggesting ways to transcend it by drastically reducing fossil-fuels use and by developing renewable energy sources. Part of the trouble with most technological fixes is that they tend to increase the amount of resources used, falling pray of what has been called the «Jevons Paradox». Briefly stated, this paradox emerges because greater efficiency in resource use often leads to increased consumption (Clark and York 2005:411). Increased consumption of energy resources in turn leads to expanded production that outstrips the original gains in efficiency. What Jevons did not clarify is that his paradox is peculiar to capitalist production, driven as it is by the goal of endless capitalist accumulation (Clark and York, 2005; Foster, 2010; Moore, 2010). With regard to «renewable» resources, the question is whether they are actually renewable and the extent to which their production provides net energy gains while meeting clear criteria on social, economic and ecological sustainability.

Since the late 1990s, so-called biofuels have been touted as a green substitute for fossil-fuels which would also reduce dependency on oil imports, even at the cost of hefty government subsidies. States with the strongest agriculture industries, such as the United States and Brazil, have become convinced of agrofuels' economic viability and presumed sustainability compared with fossil fuels (e.g. Goldenberg 2007; Mathews 2007; Pingali, Raney, and Wiebe 2008; Power and Murphy 2009). Although environmental (energy-efficient, carbon efficient) justifications have been offered to promote biofuels, the main reasons for their use have been military-strategic, as an attempt to maintain United States energy sovereignty in ways compatible with the auto-petroleum complex. Proponents such as Matthews (2007) acknowledge that the South would have to produce 18 times the current production of Brazil by 2017. This increase involves many issues, such as land availability, entrepreneurial and investment capacity, competition with food supplies, and the effects of large-scale monocultures. Yet, Matthews' proposed «bio pact» is to create an unfettered market for biofuels modeled on the existing global market for fossil fuels. The chief goal of proposals like his are geared to ensuring United States energy security needs, even while acknowledging that a social and ecological catastrophe could ensue.

Biofuels detractors, in contrast, question their energy efficiency, and their economic and ecological sustainability (e.g. Bindraban, Bulte and Conjin 2009; Birur, Hertel and Tyner 2007; Borras, McMichael and Scoones 2010; Dauvergne and Neville 2010; Gordon 2008; McMichael 2009a; Niven 2005; Patzek 2008; Pimentel 2009), as well as the disproportionate negative impact on food prices it will have on developing countries (Elobeid and Hart 2007), and «fueling» the exclusion of poorer groups by losing access to the land on which they depend (Cotula, Dyer, and Vermeulen 2008; Dauvergne and Neville 2009; Eide 2008).

In addressing this debate, it is first necessary to establish the distinction between biofuels and agrofuels. The term 'biofuels' specifically refers to liquid fuel produced from organic matter, and encompasses both bioethanol, produced from carbohydrates (including corn, sugarcane, sugar beet, wheat, etc.) and biodiesel, produced from oilseeds (including rapeseed/canola, palm oil, soybeans, etc.). These feedstocks, all derived from food crops, give rise to the term 'agrofuels', and are generally referred to as first-generation biofuels. Second generation biofuels are based on cellulosic ethanol, derived from non-grain parts of plants, such as switch grass, trees, forestry by-products, algae, jatropha seeds, etc. (Mol 2010). Both ethanol and biodiesel can be blended with petroleum fuels, up to 10 and 20%, respectively, for use in unmodified vehicle engines. As of 2011, however, the notion of «biofuels» is primarily an ideologically-driven concept, which evokes the illusion that the production of fuels from the land is geared to enhancing life. This is the meaning of its prefix, «bio». As critics of this concept point out, however, all such fuels should be properly termed «agrofuels» to clearly denote that they originate in land and agriculture (Holt-Giménez and Kenfield 2008), and therefore compete with food production (Birur, Hertel, and Tyner 2007). To the extent that economically —and ecologically— viable technologies do not yet exist to produce «second generation biofuels» (Pimentel 2008), this essay focuses on agrofuels.

The purpose of this paper is thus to respond the following question: can agrofuels provide a sustainable alternative to petro dependency? This analysis is framed in the more specific context of whether United States and Brazilian public policy should promote biofuels or the transcendence of the petro dependency paradigm, starting with a significant reduction in the use of fossil fuels and promoting non-biomass energy sources. Given the analysis and conclusions offered here, agrofuels promotion and the goal of transcending the petro dependency paradigm are mutually exclusive. In the proposed framework, public policy about agrofuels must focus on simultaneously optimizing: i) The *gains* in energy and ii) Greenhouse gas emissions *reductions* while iii) Preserving *biodiversity* and iv) Ensuring the *food sovereignty* of nations. This analysis is rooted in empirically-based scientific studies about the cases of the United States and Brazil, two of the largest producers of ethanol in the world. A significant difference between these countries is that the United States has a huge dependency on oil imports (above 60% of domestic supply), while Brazil has not just achieved self-sufficiency in energy but now exports about a fifth of its ethanol production (Wilkinson and Herrera 2010:751). On the other hand, United States ethanol production in 1991 was only about one third of that in Brazil, but the US surpassed this nation's production by 2005 (Mol 2007:299). Most of the increase in ethanol production in the United States has been based on genetically-modified corn (Konefal and Busch 2010:414), which posits social and ecological issues of its own (Otero and Pechlaner 2009; Pechlaner and Otero 2008, 2010).

Given that the actual practice of governments pursuing agrofuels-promotion policies has been based chiefly on favourable assessments of agrofuels, established either on their economic and/or environmental merits (e.g. Mathews 2007; Power and Murphy 2009), such views will be given only a cursory review. They have been influential enough to shape public policy in the United States, the European Union, and several Latin American countries, namely Brazil. The main emphasis of this paper is thus to contrast the proponents' views with critical scientific and socio-ecological assessments. The focus is on a comparative

analysis of corn-based and sugarcane-based ethanol production in the two largest ethanol-producing countries, the United States and Brazil, respectively, as well as soybean-based biodiesel in both of these countries. The flawed conventional wisdom is that, although United States corn-based ethanol's sustainability is somewhat questionable, Brazilian sugarcane-based ethanol is highly economically and environmentally efficient (*The Economist* 2007).

The rest of this section discusses the concept of metabolic rift as the ecological context of agrofuels-policy promotion. The second section examines the diversity of arguments and assessments on the energy and socioeconomic impacts of different types of agrofuels, namely sugarcane-based and corn-based ethanol and soybean-based «biodiesel» in the United States and Brazil. The following section addresses specifically the ecological impacts associated to agrofuels by scientific studies. The fourth section addresses the global food crisis set off in 2007, which re-emerged in 2010 and was caused in large part by the promotion of biofuels in competition with land for food (aside from demographic and weather phenomena that are beyond the control of short- to mid-term public policy). In each of these sections, the four sustainability criteria proposed above for analysis are utilized. Based on the scientific evidence reviewed, this essay sides with those on the critical stance and proposes an immediate public-policy shift around the world in favour of alternative energy promotion that transcends the petro dependency and agrofuels paradigm. Discussion of such alternative energy policy is beyond the scope of this essay, but its concluding section outlines the most promising areas for further exploration.

A. Metabolic rift and agrofuels

Petro dependency and its ecological impacts are considered as one of the sharpest expressions of the «metabolic rift» that has been produced by humans in our relationship with nature. The concept was originally proposed by Marx to analyze the alienation between humans and nature and has been re-discovered and elaborated with the rise of environmental sociology (Foster 1999, 2000). A fruitful debate has been produced around this concept (Moore 2011; Wittman 2010; Schnieder and McMichael 2010), but we will focus on the most salient aspects of the initial formulation. The metabolic rift stems from the labour shifts emerging from urbanization causing a growing separation between city and country, as capitalist agriculture fails to replenish soil nutrients. If this metabolic rift was produced by shipping food from rural to urban areas within countries, this separation has only been increased by the globalization of food trade (Bello 2009; Otero 2011). The more general concept of metabolism has been used in biology since the mid-nineteenth century and is now regarded as a firmly established concept to analyze material exchanges and regulatory interactions from the cellular level to the relation between humans and the environment. This concept allowed Marx «to express the human relation to nature as one that encompassed both 'nature-imposed conditions' and the capacity of human beings to affect this process» (Foster 2000:158).

In the nineteenth century, Justus von Liebig, the German chemist, saw industrial fertilizers as one way of dealing with the metabolic rift in agriculture, but in the end, they only exacerbated the problem (Foster 1999, 2000). Liebig used British agriculture as an example, calling it a system of robbery rather than rational agriculture: the soil was depleted of its nutrients with increasing transfer of food to cities, preventing waste recycling. Soil degradation in turn led to land concentration and the adoption of more intensive production methods (Clark and York 2005) – the Jevons Paradox.

Similarly, with agrofuels, this essay argues, public policy is trying to manage the carbon rift associated with the automobile and agriculture, which in the long run only serves to worsen the overall biospheric, metabolic rift. Even if carbon efficiency (economic output per unit of carbon emissions) increases, it is still the case that «per capita emissions increase monotonically with economic development»

(Clark and York 2005:411). Hence «the most efficient nations are often, in fact, the biggest consumers of natural resources» causing the greatest carbon rift (Clark and York 2005:411).

In the specific case of agriculture, which is the focus here, the metabolic relation between human society and the environment is predicated on recycling and replenishing of the nutrient elements of the soil. Socio-ecological metabolism involved small-scale farmers and peasants using soil fertility to produce food, fodder and fibre, and eventually replenished it with wastes. Short of ensuring the recycling of nutrients, agriculture can and has become a source of environmental degradation, causing the land to «protest» in the form of lower fertility (Foster 1999; Wittman 2009). Modern agriculture, from the Green Revolution to biotechnology, has deepened the metabolic rift started in the nineteenth century, strongly contributing to climate change and environmental deterioration (McMichael 2009b; Otero 2008). Socio-ecological sustainability becomes compromised by the fact that the main economic agents involved in agrofuels production —namely large agribusiness corporations transforming corn or sugarcane into ethanol, as well as farmers— have deepened the metabolic rift (McMichael 2009b; Wittman 2009).

Given that the actual practice of governments pursuing agrofuels-promotion policies has been based chiefly on favourable assessments of agrofuels, established either on their economic and/or environmental merits (e.g. Mathews 2007; Power and Murphy 2009), such views will be given only a cursory review. They have been influential enough to shape public policy in the United States, the European Union, and several Latin American countries, namely Brazil. The main emphasis of this paper is thus to contrast the proponents' views with critical scientific socio-ecological assessments. The focus is on a comparative analysis of corn-based and sugarcane-based ethanol production in the two largest ethanol producing countries, the United States and Brazil, respectively, as well as soybean-based biodiesel in both of these countries. The flawed conventional wisdom is that, although United States corn-based ethanol's sustainability is somewhat questionable, Brazilian sugarcane-based ethanol is highly economically and environmentally efficient (*The Economist* 2007).

B. Energy, economic and ecological impacts of agrofuels in the United States and Brazil

This section discusses how United States and Brazilian state policies have justified agrofuels production and their actual energy, economic and ecological impacts. It brings to light a series of technical, scientific re-assessments which fundamentally question the presumed sustainability of agrofuels.

1. United States

United States ethanol production and subsidies have been justified as a strategy for increased energy independence and security, a strategy for climate change mitigation, support for corn prices and farm incomes, and a rural development strategy. United States ethanol production has benefited from significant government support in the form of subsidies since the late 1970s, beginning with the 1978 Energy Tax Act (Koplow 2006). Various forms of federal and state subsidies were implemented from the 1980s onwards, including such measures as reduced fuel-excise taxes, production tax credits, and subsidized vehicles and infrastructure for alternative fuels (Koplow 2006). Federal subsidies have fluctuated between 40 and 60 cents per gallon of ethanol, and were calculated at 51 cents per gallon in 2007 (Tyner 2007). Under the United States' Renewable Fuel Standard, established in the Energy Independence and Security Act of 2007, 36 billion gallons of renewable fuels are to be blended annually into the country's fuel supply by 2022, of which 21 billion gallons are required to be agrofuels, up from 4.7 billion gallons in 2007 (Block 2009).

Dramatically increasing oil prices since the mid-2000s, in combination with fixed ethanol subsidies, made ethanol production very profitable and has led to a boom in United States production. In 2006, the United States ethanol production was about 19 billion litres, accounting for approximately 20% of the United States corn acreage; yet, this production accounts for only 1 percent of total US petroleum use (USCB 2007, cited in Pimentel and others, 2009).

The United States federal government also provides subsidies for small ethanol plants and start-up costs. State governments have added further subsidies to produce ethanol. Total subsidies available for ethanol production have been estimated at between $1.05 and $1.38 per gallon of ethanol, or $1.42 to $1.87 per gallon of gasoline equivalent, in 2006, accounting for 90 times the subsidies available to gasoline on a per-gallon basis (Koplow 2006; Tyner 2007). Federal and state subsidies for corn-based ethanol amount to more than $7 per 25 kg or 1 bushel of corn, while corn farmers receive a maximum subsidy of 70 cents per bushel (Pimentel and Patzek 2007). Total United States subsidies for corn ethanol in 2006 have been estimated at between $5.8 billion and $7 billion per year, rising to $14 billion by 2014 (Koplow and Steenblik 2008). Thus, while the United States public policy has proceeded on the assumption of the economic viability of agrofuels, their ability to compete with fossil fuels without billions in federal and state subsidies has been put into question by numerous scholars. If we consider that the fossil energy subsidies amount to about $40 billion per year (Pimentel 2008:13), it becomes even more obvious that the real cost of agrofuels does not have to be reflected in final-consumer prices: they are competing with artificially deflated fossil fuels (*The Economist* 2011), which forces much greater per-gallon subsidies for agrofuels. On 2 February 2011, the United States President Obama's legislative proposal to cut $22 billion in oil-and-gas tax breaks (not eliminate all subsidies) failed as seven Democratic Senators joined Republicans to reject it (Davis 2011).

The United States ethanol industry has traditionally been quite concentrated, aggravating its social and environmental impacts (see below). On one hand, the economic benefits are highly concentrated in large-scale agribusiness firms. Federal and state subsidies accrue primarily to large agribusinesses such as Archer Daniels Midland (ADM). On the other hand, concentration exacerbates the United States agricultural model of mono-cropping and intensive use of agro-chemicals with dire environmental consequences. In 2004, ADM owned 43% of ethanol production; by 2005, its share had dropped to 29% because of new firms and cooperatives entering the industry (Koplow 2006). A high level of concentration remained on the marketing side of the ethanol industry, however, with three firms (ADM, Ethanol Products, and the Renewable Products Marketing Group) controlling two-thirds of the ethanol sold to gasoline companies (Koplow 2006). Koplow (2006:8-9) explains the impact of industry concentration on the political economy of subsidy creation and retention.

Even if higher demand for corn from ethanol production boosts corn prices, the incremental surplus tends to be captured over time not by farmers, but by larger corn processors. The greater the degree to which this capture is happening, the smaller the long-term benefits of subsidies will be for weaker players in the industry, such as small farmers.

Industry concentration and dominance by large agribusiness, aided by favourable «free» market conditions and public policy, has exacerbated the metabolic rift or the alienation of humans from our natural environment (Foster 1999, 2010; Moore 2011; Wittman 2010; Schnieder and McMichael 2010). The potentially «irreparable rift» generated by petro dependency has ironically been used to justify the systematic and intensive exploitation of the natural environment and its «constituent elements» in the blind search for profits (Foster 1999:380). Similarly, with agrofuels, this essay argues, public policy is trying to manage the carbon rift associated with the automobile and agriculture, which in the long run only serves to worsen the overall biospheric, metabolic rift. Even if carbon efficiency (economic output per unit of

carbon emissions) increases, it is still the case that «per capita emissions increase monotonically with economic development» (Clark and York 2005:411). Hence «the most efficient nations are often, in fact, the biggest consumers of natural resources» causing the greatest carbon rift (Clark and York 2005:411).

The United States also heavily subsidizes biodiesel production, providing over $500 million in subsidies in 2006 (Koplow 2006), which is 74 times greater than per-litre subsidies for diesel (Pimentel and others, 2009). The first biodiesel subsidies were implemented in 2004 with the American Jobs Creation Act, which provided for tax subsidies to biodiesel production, while the EPACT05 of 2005 established producer tax credits (Koplow 2006). Biodiesel in the United States is primarily made from soybeans, although a significant amount is also made from rapeseed and canola. Yet, despite public-policy promotion of agrofuels production, the economic viability of large-scale production of soybean-based biodiesel in providing an alternative to fossil fuels has been questioned. Pimentel and others (2009) estimates the average oil yield per year for soybeans at 0.4 tons per hectare. Based on average yields, to replace current diesel consumption with biodiesel would require more than 500 million hectares of land in soybeans, or more than half of total area planted with soybeans in the United States (Tickell 2006 in Pimentel and others, 2009). Pimentel and others (2009) further note that even if all 71 billion tons of soybeans produced annually in the United States were devoted to biodiesel production, this would account for less than 3% of total United States oil consumption. In the case of rapeseed and canola, the total crop of 333 million tons in 2006 could only produce 100 million litres of biodiesel, accounting for 0.005% of total United States oil consumption (Pimentel and others, 2009).

The United States ethanol is produced almost wholly from corn; yet, corn-based ethanol's net energy balance is debated. At best, it is estimated to result in a 0-20 percent net energy gain – that is, that ethanol energy outputs would be at least slightly greater than the fossil-fuel energy inputs. Yet, many researchers have calculated a significant net energy loss for corn-based ethanol (Magdoff 2008). According to one calculation, the total cost of ethanol, including energy inputs, is $1,045 per 1,000 litres of ethanol produced. This involves expending 46% more fossil energy than is produced in ethanol (Pimentel and others 2009:4). In terms of kilo-calories (kcal), the production of 1 litre of corn ethanol requires 7,333 kcal of energy inputs, while the energy output is only 5.130 kcal, resulting in a net energy loss of 2.30 kcal per litre of ethanol produced (Pimentel and others, 2007).

From this review, then, the United States agrofuels policy has failed to produce net energy savings, reduce GHG emissions, and has further promoted mono-cropping at the expense of biodiversity. The United States food sovereignty, however, has still been preserved. We can define food self-sufficiency as a nation's ability to fulfil its domestic food needs while keeping a balanced or positive agricultural trade. The United States meets this definition as indicated by the fact that it continues to have a (declining) agricultural trade surplus (Otero and Pechlaner 2009; Pechlaner and Otero 2010). The goal of food sovereignty, therefore, does not require anti-trade policies; but it does strive for a country to eliminate food-trade dependency, particularly regarding basic food (Desmarais 2007).

2. Brazil

Brazil pioneered ethanol production in 1931, drawing on its extensive sugarcane crop. Ethanol did not become widely used as an alternative fuel, however, until the launch of the ProAlcool (ethanol) program in 1974 in the wake of the first global oil crisis. The military dictatorship's (1964-1988) geopolitical aim at the time was decreasing dependency on foreign oil and thus vulnerability to international price shocks. The success of ProAlcool was largely the result of strict government controls on supply and demand and significant

subsidies to the ethanol sector. Under ProAlcool, the government set ethanol prices and production quotas, and producers were guaranteed a fixed price from the state-owned oil company, Petrobras (Nass and others, 2007). The government further set export controls and production quotas for sugar, and invested heavily in research and development to increase production and reduce costs, while the state-owned Banco do Brasil offered low interest loans to expand distillery and processing infrastructure. In addition, the government reduced taxes and yearly licensing fees on ethanol cars to encourage their development and use (Nass and others, 2007). When the ProAlcool program was launched, the cost of production of ethanol was 33 cents, but ethanol was sold for 22 cents per litre thanks to significant government subsidies (Pimentel and Patzek 2007). By the turn of the millennium, Brazil is distinguished by the degree to which biomass-based resources participate in its energy matrix, accounting for almost 30% of total energy production. This compares with a world-average of 11.4%. In Brazil, sugarcane alone accounts for 15% of total energy supply (Wilkinson and Herrera 2010:750).

Brazil has long had one of the most inequitable systems of land tenure (Branford and Rocha 2002; Fernandes 2009). As of the latest census of 2006, agricultural units with one thousand hectares or more, representing a mere 0.95% of all units, absorbed 44.4% of total agricultural area. Conversely, units with 10 hectares or less, which made up 50.3% of all units, occupied only 2.4% of total agricultural surface (Hoffman and Ney 2010:45). In this context of land-tenure inequality, the ProAlcool government credit programs and subsidies only served to exacerbate this structure (Wilkinson and Herrera 2010). They heavily favoured large-scale farmers and mills and lead to an even greater concentration of wealth in the southeast and central regions, primarily in São Paulo and Mato Grosso, rather than in the traditional sugar-producing regions in the poor north and northeast (Hall and others, 2009). The increased mechanization of sugarcane production, resulting in a reduction of manual labour, combined with a cropping system that lasts only three months and thus does not provide permanent jobs, made workers' positions even more precarious. Working conditions in the sugarcane industry in Brazil remain the worst in the country; they often do not meet ILO standards (Sachs 2007), and few independent small-scale farmers participate in this sector (Hall and others, 2009:5).

Although the ethanol industry took a serious hit in the 1980s with the return to civilian democratic rule and decreasing oil prices, by the turn of the millennium, ethanol had regained much of its 1970s popularity. By 2000, oil prices had risen significantly, making ethanol production once again profitable and competitive. By 2006, approximately three quarters of new cars made in Brazil were flex-fuel vehicles, capable of running on either 100% gasoline or ethanol (Nass and others, 2007). Ethanol production thus «expanded sharply from 15 billion litres in 2003 to 25 billion litres in 2009-2009. The domestic market absorbs some 20 billion litres with the remainder being exported to the slowly emerging global commodity ethanol market» (Wilkins and Herrera 2010:751).

Sugarcane monocultures cover nearly seven million hectares of land across Brazil, with approximately half of production allocated for sugar and half for ethanol production (Moreno and Mittal 2008). Proponents of ethanol often point to Brazil as the example of successful and efficient agrofuels production. It is widely accepted that sugarcane is more efficient than corn as a feedstock for ethanol, with Brazilian sugarcane-based ethanol producing a positive energy balance (1 kcal fossil fuel energy input: 1.38 kcal ethanol energy output). Yet, Brazil continues to indirectly subsidize ethanol through the state-owned Petrobras, which artificially regulates gasoline prices and does not immediately pass on fluctuations in international oil prices to consumers. This state policy artificially maintains the economic attractiveness of ethanol in the face of low international oil prices (Pacini Costa and Silveira 2009). Thus, in strict economic

terms and in contrast to conventional wisdom regarding its economic efficiency, Brazilian ethanol is unviable without state subsidies, direct or indirect.

Since the turn of the twenty-first century, biodiesel production in Brazil has taken off significantly, with the initiation of the proBiodiesel program in 2002. This agrofuel is primarily based on vegetable oil derived from soybeans, but also from sunflower, cotton, castor bean, colza and palm oil. Brazil aims to meet a goal of 5% biodiesel by the year 2013 (Nass and others, 2007).

Recognizing the ProAlcohol program's failure to benefit small-scale producers in the poorest regions of the country, the Lula administration (2002-2010) introduced legislation for the biodiesel industry in an attempt to counter this trend. The Brazilian government offers tax incentives, including a reduction of taxes of up to 68%, to companies that buy feedstock crops from small farms. Tax reductions of up to 100% are offered to companies that purchase palm oil or castor oil feedstock from the northeast (Nass and others, 2007). The government has also established a Social Fuel Stamp (Selo Combustivel Social) Program, aimed at encouraging the inclusion of small-scale farmers from the poorer regions of the country in biodiesel production. To qualify for the certification scheme, producers and processors must purchase a minimum percentage of their raw materials from small farms, including a minimum of 50% from the northeast (Nass and others, 2007), and they must sign commercial agreements to provide technical assistance to those farmers (Hall and others, 2009). The Brazilian government estimates that around 100,000 families have participated in the Social Fuel Stamp program (Hall and others, 2009).

Despite the government's efforts to provide greater social inclusion in the biodiesel industry, in practice there have been problems with the program. Industry representatives complain that some farmers break their contracts in pursuit of the highest price, while farmers complain that companies do not honour their contracts by purchasing the product on schedule, or at all (Hall and others, 2009). In addition, only a small number of biodiesel plants are required to refine a large amount of feedstock, leading to concentration in production (Hall and others, 2009:6). The technical assistance provision of the program has also proved problematic. The costs for providing technical assistance to geographically isolated and dispersed small farmers, and for signing and managing the contracts are often higher than the tax exemptions provided for in the program (Hall and others, 2009).

Proponents of agrofuels often cite Brazil as an example of a case where food and fuel do not compete for land, as sugarcane occupies a small percentage of total land available in Brazil. This claim, however, is predicated on the idea that the current structure of land tenure in Brazil is acceptable. As numerous scholars have shown, Brazil has one of the most highly skewed and inequitable land tenure systems (Hall and others, 2009; Branford and Rocha 2002). The Brazilian latifundia system (based on agricultural units controlling huge extensions of land) that has been in place since colonial times maintains large numbers of poor, landless and seasonal workers (Eide 2008). Some farms in Brazil's savannah (the *cerrado*), for instance, operate «24.000 hectares, 200 times the size of an average farm in Iowa» (*The Economist* 2010:58). As in the United States case, concentration also leads to mono-cropping, intensive use of agro-chemical inputs, etc. (Moreno and Mittal 2008:7). As Wilkinson and Herrera (2010) have observed, the renovation in 2002 of public policy to favour agrofuels production has not only attracted large transnational firms—both Brazilian and foreign—, but also investments from state companies from China and India. The latter impetus has been part of the drive to capture lands not only for agrofuels, but also during the food crisis detonated in 2007, both of which led to greater land concentration: «At the outset of the crisis some 40 firms controlled 50% of the sugarcane sector's production and it was expected that this would be reduced to some six to eight within ten years with foreign participation reaching 50%... In the wake of the crisis many

firms became insolvent and the rhythm of consolidation accelerated along with the participation of foreign capital, which by 2010 had already reached 20%» (Wilkinson and Herrera 2010:751).

Therefore, agrofuels production, as most other agribusiness in Brazil, is highly concentrated in the hands of a few large producers. As in the United States, the metabolic rift is extended by the production of agrofuels. In Brazil, however, the consequences are much direr; this metabolic rift is borne out in deforestation and environmental degradation on a massive scale brought about by the structure of modern agriculture based on industrial monoculture, namely soybeans (Hisano and Altoé 2008; Jepson and others, 2008) and sugarcane production. «From 1992-2003, 108 million hectares of new land were incorporated into farming and ranching and no less than 71.9 million hectares were occupied by large-scale farms» (Wilkinson and Herrera 2010:763). Although the biodiesel-promotion program was designed as a regional-development strategy for social inclusion, the «structural weaknesses» of the family farming sector have led to its marginalization. «Biodiesel has come to depend almost exclusively on soy and is increasingly integrated into the strategies of agribusiness» (Wilkinson and Herrera 2010:765). In addition, promotion of agrofuels in Brazil will most likely exacerbate the process of social exclusion, thus heightening urban crime, violence and irregular settlements in the *favelas* or urban slums (Hall and others, 2009). Ironically, agrofuels policies implemented by the labour government of Luis Inacio Lula da Silva since 2004 were geared to favour the «agrarian capitalist paradigm» and deepened the subordination of peasants to agribusiness (Fernandes and others, 2010:815-816).

Since 2002, one of the main drivers and justifications for biofuels production has been rural development and employment creation through new economic opportunities created by the agrofuels industry (Goldenberg 2007). While the actual potential for job creation in developing countries is difficult to estimate, the value of employment creation must be measured against the number of people who are/would be evicted or marginalized from their land for the expansion of agrofuels plantations. Not surprisingly, peasant and rural workers' movements in Brazil have vehemently opposed the agrofuels project, not least because of the dismal labour conditions that sustain it (Fernandes and others, 2010; Wilkinson and Herrera 2010). Such labour conditions have been regarded as an indication of an enhancement of the metabolic rift deepened by agrofuels production (De Moraes Silva 2010; Schneider and McMichael 2010).

The labour conditions in many of the feedstock industries, most notably in sugarcane production in Brazil, are horrendous (Eide 2008; Silva 2010) and often amount to little more than slavery. The Brazilian countryside has long been the scene of violent struggles for land between the large landowners and the indigenous and poor, rural workers. Opposition to land reform has often seen large landowners resort to intimidation, violence and murder, making for an «uncivil» side of society (Payne 2000). In 2005, an American nun working in the Amazon region for thirty-seven years against the threat of deforestation and defending rural workers was assassinated (Moreno and Mittal 2008). Although Sister Dorothy Stang was one of the most prominent activists to be killed since the murder of Chico Mendes in 1988, many others have lost their lives in the struggle to protect rural livelihoods and to prevent deforestation.

In sum, Brazil's agrofuels production *appears* to have a positive energy outcome, which will be questioned in the next section. Even if this were the case, agrofuels production is predicated on hefty economic subsidies, the exacerbation of mono-cropping and agribusiness concentration, while maintaining one of the most inequitable agrarian structures in the world.

3. Agrofuels' ecological impacts

In its typically-scathing style, a 2007 article in *The Economist* on «advanced biofuels» begins: «Everyone seems to think that ethanol is a good way to make cars greener. Everyone is wrong». While one may have much to disagree with the London-based conservative newsweekly, it has been consistently skeptical of agrofuels (*The Economist* 2007, 2009, 2010). Its position is not based merely on *The Economist'*s in-principle opposition to state subsidies; it also heavily critiques the false assumption that they are environmentally friendly. While agrofuels have been celebrated as key to climate change mitigation through reduced greenhouse gas (GHG) emissions, since 2007 the data has shown a huge variation in the environmental sustainability of agrofuels production (Crutzen and others, 2007; Ferguson 2008). GHG emissions reductions from agrofuels use vary depending on the feedstock and its cultivation method. While it is debated whether US maize-based ethanol results in lower CO_2 emissions, many observers cite Brazilian sugarcane-based ethanol as an example of the significant reductions in CO_2 emissions that can be achieved with the use of agrofuels (Goldenberg 2008).

Yet, even though there has been much data put forward in support of the agrofuels' environmental sustainability (Goldenberg 2007), and that one of the main justifications cited for the use of agrofuels has been reduced GHG emissions compared to fossil fuels, there is emerging scientific evidence to the contrary (Crutzen and others, 2007). Indeed, many studies have shown that the net energy balance of agrofuels is negative. The fossil fuel energy inputs are higher than the agrofuels energy outputs. As mentioned above, Pimentel and others (2007) found that the net energy yield from corn ethanol is negative; with corn ethanol requiring 46% more fossil energy inputs than is produced as ethanol energy outputs. In terms of power density of ethanol, or its ability to capture solar radiation, it is a mere thousandth part than the power density afforded by oil and gas. Ethanol's power density is as ineffective as a source of energy, «that about 5 million ha of land would have to be put down to sugarcane every year just to satisfy the increase in transportation energy demand that results from the annual expansion of population in the U.S.A.» (Ferguson 2008:493). Furthermore, sugarcane production has the dire problem of a tendency to cause soil erosion (Ferguson 2008:497).

While most life-cycle studies have found that agrofuels reduce GHG emissions compared to fossil fuels because of carbon sequestration during the growth of feedstock, these studies fail to account for the additional GHG emissions that result from the conversion of native habitat to cropland. Such measurement accounts for the carbon benefits of agrofuels production, but not for the carbon costs, such as the loss of carbon sequestration that results when land is diverted from existing uses, i.e. deforestation. Not only do many studies neglect to account for the impact of direct land-use changes; they also ignore indirect land-use changes. For example, the United States government subsidies to corn-based ethanol production that encourage American farmers to shift from soy to corn production, lead to higher global soy prices, which in turn leads to increased incentive for soy production in other parts of the world. As a result, there is greater incentive to clear land, such as Brazilian Amazonian forest or tropical savannas, for soy production (Scharlemann and Laurance 2008; Jepson, and others, 2008; Hisano and Altoé 2008). Tilman and others (2009:271) also highlight the issue of indirect land-use changes:

... if fertile land now used for food crops (such as corn, soybeans, palm nuts, or rapeseed) is used to produce bioenergy, this could lead, elsewhere in the world, to farmers clearing wild lands to meet displaced demand for crops. In this way, indirect land-use effects of biofuels can lead to extra greenhouse-gas emissions, biodiversity loss, and higher food prices.

Searchinger and others (2008), confirm that when emissions from land-use change are considered, agrofuels' GHG emissions can actually match or exceed those from fossil fuels, producing no emissions

benefits. Indeed, the authors find that GHG emissions from agrofuels range from 47% to 93% higher than emissions from gasoline (Searchinger and others, 2008:1239). These authors found that, accounting for projected yield increases, corn ethanol reduces GHG emissions by 20% in comparison to the use of equal amounts of gasoline, excluding land-use changes. When emissions from land-use changes (namely conversion of grasslands and deforestation) are considered, however, it would take 167 years to 'pay back' these emissions, resulting in increased GHG emissions overall until the end of that period, and nearly double the GHG emissions of gasoline for the first 30 years. Further, the authors found that even a scenario in which yields increase beyond the projected 20%, emissions per hectare of converted land are halved, and improved technology allows for a 40% reduction in corn ethanol GHG emissions, excluding land-use changes (compared to 20% currently), GHG emissions from corn ethanol would still be higher than gasoline emissions for 34 years.

Agrofuels proponents often cite Brazilian sugarcane-based ethanol as the exception to these findings. Ethanol from Brazilian sugarcane is much more energy efficient than the United States corn ethanol, but there is still a minimum 'pay back' period for land-use changes incurred because of agrofuels production. If sugarcane production converts tropical grazing land, the 'pay back' period is only 4 years. If displaced ranchers then convert rainforest to grazing lands, however, the 'pay back' period soars to 45 years (Searchinger and others, 2008:1240).

Numerous other studies have questioned the carbon savings incurred using agrofuels. Fargione and others (2008), also found that there is a 'carbon debt' that results from land-use changes for agrofuels production and that, until the carbon debt is repaid, biofuels from converted lands will emit higher levels of GHGs than the fossil fuels they displace. Indeed, Fargione and others (2008:1235), found that converting rainforests, peat lands, savannas, or grasslands to produce food crop-based biofuels in Brazil, Southeast Asia, and the United States creates a «biofuel carbon debt» by releasing 17 to 420 times more CO_2 than the annual greenhouse gas (GHG) reductions that these biofuels would provide by displacing fossil fuels.

In the case of Brazilian soybean-based biodiesel produced on converted Amazonian rainforest, repaying the carbon debt would require 320 years, while the carbon debt incurred from converted land in the *Cerrado* is less at 17 years for sugarcane-based ethanol and 37 years for soybean-based biodiesel. Conversion of the United States grasslands for corn-based ethanol production incurs a carbon debt that would require 93 years to repay. In sum, agrofuels produced on converted lands result in much greater net GHG emissions than the fossil fuels they displace.

Perhaps most importantly on the ecological front, many studies considering the emissions impacts of agrofuels fail to account for N_2O (nitrous oxide) emissions. N_2O is one of the major greenhouse gases that have a potentially much greater impact on climate change than CO_2 (*The Economist* 2007). A study by Nobel laureate Paul Crutzen (and others, 2007) found that the N_2O emissions from the use of nitrate fertilizers in crop production for agrofuels have been underestimated by the International Panel on Climate Change (IPCC). The IPCC estimates that 1% of nitrate in fertilizers is transformed into N_2O emissions. His study found, however, that this figure is as high as 3% to 5% (Crutzen and others, 2007). Further, the study found that the global warming effect of N_2O emissions from crop production for agrofuels outweighs the 'cooling' effect from saved fossil fuel emissions and carbon sequestration (Crutzen and others, 2007). Corn and sugarcane have a slightly lower effect, with a warming effect of 0.9 to 1.5 times, and 0.5 to 0.9 times, the 'cooling' effect. Moreover, nitrous oxide has a much larger impact on global warming than CO_2 emissions. Indeed, N_2O emissions are potentially 296 times more damaging to global warming than CO_2 emissions (Crutzen and others, 2007). Clearly, when accounting for nitrous oxide emissions, agrofuels increase GHG emissions compared to fossil fuels.

Another study by Zah and others (2007), commissioned by the Swiss government, evaluated the total environmental impact of 26 different agrofuels produced from a range of feedstock crops and compared them to gasoline, diésel and natural gas (Scharlemann and Laurance 2008). As reported by Scharlemann and Laurance (2008:44), the study found that «...nearly half (12 out of 26) biofuels —including the economically important ones, namely the United States corn ethanol, Brazilian sugarcane ethanol and soy diesel, and Malaysian palm oil diesel— have greater aggregate environmental costs than do fossil fuels». In sum, there is substantial evidence that contradicts the accepted environmental friendliness of agrofuels, and a great deal more research regarding the ecological sustainability of agrofuels would be required before their use could be properly justified over fossil fuels on these grounds.

David Pimentel's studies cited above have been criticized by agricultural economists who try to make the case for agrofuels. Part of their critique has been based on his calculations of energy inputs for concrete and steel used in the construction of fermentation plants, arguing that his sources were out of date. His response has been four-fold:1) Later actually reported higher energy input values than his original sources; 2) most other studies on corn ethanol use the highest corn yield data instead of average values, like Pimentel and colleagues do; 3) «several of the other studies leave out energy inputs for labor, machinery, and select low values for fertilizer inputs»; and 4) the goal of many of these studies is to make ethanol production appear profitable, while theirs has been «accuracy and all inputs are well documented» (Pimentel, email communication, 23 February, 2011).

Numerous other environmental problems associated with agrofuels production have been highlighted, including deforestation, decreased biodiversity, the use of mono-cropping, and land and water resource degradation and pollution. For example, soybean production in Brazil's northeast has long been noted to threaten the savannah and tropical forests in the region, and expansion of soybean production is the key driver behind deforestation in Brazil (Moreno and Mittal 2008). The deforestation process sees Amazonian forest cleared for timber, followed by burning to clear pastures for cattle rising, followed by soybean production, once the pasture lands are degraded (Moreno and Mittal 2008). Sugarcane production is known to cause more soil erosion than any other crop in Brazil, because of the harvest of the total biomass, leaving the soil unprotected and exposed to erosion. Pimentel and Patzek (2007) note that soil erosion is 30 to 60 times greater than soil sustainability in sugarcane production in Brazil. In addition, sugarcane production requires larger quantities of herbicides, insecticides and nitrogen-based fertilizers than most other crops produced in Brazil, resulting in ground and surface water pollution. The burning of sugarcane before harvest has also caused significant air pollution, and despite legislation to ban the practice, burning continues to be widespread (Pimentel and Patzek, 2007).

Industrial monoculture then, based on heavy chemical inputs and the overexploitation of land, was spurred on by neoliberal globalism and associated policies. This unsustainable model of agriculture has been perpetuated and expanded by the production of agrofuels, which deepens the metabolic rift between humans and their environment, with the concomitant degradation of the latter. As if these critical issues were not enough, the promotion of agrofuels has been at the centre as a root cause of the global food crisis detonated in 2007, which re-emerged in 2010.

4. The 2007-2009 global food crisis and agrofuels

> «The 2010 food price hike is already pushing millions of people into poverty and putting stress on the most vulnerable, who spend more than half of their income on food» *World Bank, President Robert Zoellick (cited in Pooley and Revizin 2011:8).*

The causes of the 2007-2009 food crises were manifold. As noted by the Economic and Social Council of the United Nations (ECOSOC), while there is wide agreement on the factors that caused the crisis, there is «less agreement on their relative importance», no doubt in part due to the political significance of this weighting (ECOSOC, 2008). The concerns noted by ECOSOC and many others include rising food demand, declining productivity growth, weather events, such as the multi-year drought in Australia, rising energy prices, financial speculation in commodity markets, government policies supporting stockpiling and hording, and, not least, competition from agrofuels.

Walden Bello (2009, 2010) has made the important point that neoliberalism played a critical part in setting up the agrarian structures of most developing countries for the food crisis by displacing small farmers. But he also points to agrofuels as perhaps the main precipitating factor. In the short term, some of the root causes of the food crisis include financial speculation in commodity markets, high oil prices, unusually strong supply shocks, and depleted grain stocks. The 2008-2009 depressed international financial and housing markets increased the appeal of commodity futures, and financial speculation in commodity markets contributed to volatility and price increases in agricultural commodity prices (Conceição and Mendoza 2009; Eide 2008).

Government policies in the form of hording and stockpiling also impacted world food prices. India and Vietnam, accounting for 14% and 16% of global rice supply, respectively, slapped export restrictions on rice as their reaction to the food crisis. For its part, the Philippines, which accounts for 6% of global rice imports, contributed to bidding up its price by aggressive stockpiling (Conceição and Mendoza 2009: 1169).

The effects of climate change have also had a significant impact on agricultural productivity and have resulted in poor harvests and droughts in some of the major grain producing countries. In 2008, poor harvests in the Ukraine and Morocco, drier than normal weather in Russia, the United States, and Canada, and a protracted drought in Australia affected the supply of various grains. Moreover, Conceição and Mendoza (2009) note that certain food crops in developing countries are more at risk of suffering the adverse effects of climate change, in particular wheat in Central and South America; rice, maize and millet in West and South Asia; maize, wheat and sorghum in Africa; and maize and rice in Southeast Asia. The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) predicts that an additional 157 million people in Africa, 78 million in Asia, and 27 million in Latin America will be at risk of hunger because of the effects of climate change (Conceição and Mendoza 2009:1173). Further, some studies have suggested that agricultural productivity could decline by 3% to 16% because of climate change (Conceição and Mendoza 2009; Von Braun and others, 2008).

Burgeoning middle-class populations and expanding industrialization in several developing countries, notably China and India, have resulted in increasing demand for raw materials and commodities. Moreover, changing patterns of food consumption, notably in China and India, particularly increased consumption of dairy and meat products, are increasing the demand for grains in the form of feed. For the most part, these two nations are self-sufficient in food production. Yet, increased rice demand in China has reduced its level of exports from about 3.5 million metric tons in 1997 to about 0.7 million

metric tons in 2007. The difference represented 11% of global rice trade in 2007 (Conceição and Mendoza 2009:1171).

Given the intensity of inputs to produce meat, this food complex is one of the most polluting, as it produces nitrous oxide (N_2O), which has largely been ignored in favour of calculating only CO_2 in the establishment of emissions reductions targets (McMichael 2009b:257). Furthermore, global demographic changes are predicted to continue along this trend of rising and changing patterns of food consumption over the next 50 years, with global demand for cereals increasing by 75% between 2000 and 2050 (Conceição and Mendoza 2009).

In addition to demographic changes, the structure of global food markets could also exacerbate problems of supply and commodity prices. First, global food production is highly concentrated with only three countries (Argentina, Brazil, and the United States) accounting for 90% of corn and soybean exports; five countries (India, Pakistan, Thailand, the United States, and Vietnam) accounting for over 80% of global rice exports; and five countries (Argentina, Canada, the European Union, Russia, and the United States) accounting for over 50% of wheat exports (Conceição and Mendoza 2009). Second, global food exports as a percentage of total production are quite low: rice exports only account for about 5 to 7% of global production, while corn exports account for 9% to 10%, wheat exports for about 12% to 13%, and soybean exports for about 20% to 21% (Conceição and Mendoza 2009). Finally, global production has not kept pace with demand since the early 2000s, resulting in the lowest levels of global cereal stocks since the 1980s (Conceição and Mendoza 2009). Thus, weak supply combined with increased demand (whether because of expanding populations, increased industrialization, or strategic stockpiling) has resulted in thinner export markets for food commodities and increasing price volatility.

Rising global energy demand, among both industrialized and growing emerging economies, in combination with attempts to mitigate climate change through reduced carbon emissions, has led to agrofuels production as an alternative fuel source. Agrofuels production, however, threatens food supplies in two ways: first, crops used as feedstock for agrofuels production, such as maize, sugar, cassava etc., are staple food crops, creating a potential trade-off in the final output between food and fuel; and second, agrofuels feedstock and food crops compete for the same land area and resources, creating trade-offs in the use of land and water resources for agrofuels and food production (Conceição and Mendoza 2009; Holt-Giménez and Kenfield 2008; Rathmann and others, 2009; von Braun 2007; Eide 2008; Singh 2009). Furthermore, agrofuels production has been expanded also at the expense of forests, thus reducing the earth's capacity to absorb GHG emissions (Birur, Hertel, and Tyner 2007; Dauvergne and Neville 2010; Fernandes, Welch, and Gonçalves 2010).

Annual agricultural productivity growth has also declined from 3% between 1961 to 1984 to 1% in 2007—close to the world population growth rate (Reguly, 2008), and stockpiles have been depleted. Between 2004 and 2007, the United States agrofuels production from maize amounted to 50 million tons, while maize used for food and feed amounted to another 33 million tons. Yet, the United States only produced 51 million tons of maize during this same period, indicating a significant decline in global stockpiles of the crop (Conceição and Mendoza 2009). The United Nations Food and Agricultural Organization (FAO) states that food availability per capita, based on availability of cereals which make up 80% of the global food supply, has steadily declined since the 1960s (cited in Pimentel and others, 2009).

While grain yields may be on the rise, the rate of increase in yields is slowing and is not keeping pace with population growth and demand for food (Pimentel and others, 2009), resulting in widespread malnutrition. The World Health Organization reports that malnutrition is the leading cause of death

worldwide today, that more than half the global population is malnourished (cited in Pimentel and others, 2009:9), and that some third child deaths are a result of hunger (Singh 2009). Thus, decreasing food supplies and increasing agrofuels production from food crops has and will continue to decrease the availability of food and risks increased global malnutrition.

Worldwide total land use, estimated at 13 billion hectares, can be broken down as follows: 11% crop land, 27% pasture land, 32% forest land, 9% urban, and 21% other land (FAOSTAT 2001 cited in Pimentel and others, 2009). The 21% remaining land is largely unsuitable for cultivation, pasture or forests as the soil is too infertile or the climate too harsh to support plant growth; thus, it can be said that, globally, most arable land is already in use (Pimentel and others, 2009). It is estimated that in 1960, with a global population of 3 billion, about 0.5 hectares of land was available per person for food production (Giampietro and Pimentel 1994 cited in Pimentel and others, 2009), which the UN estimates is the minimum land required for a healthy diet (UN 1999 cited in Pimentel and others, 2009). Since then, the world population has doubled, inevitably decreasing the amount of land available for food production. For example, in China, the per capita availability of cropland is a mere 0.08 hectares (Pimentel and others, 2009). Evidently, agrofuels production increases demand for cropland and thus decreases the amount of land available for food production, jeopardizing the per capita land required for a healthy diet.

Further, high energy prices have pushed up the cost of food production through the increasing cost of fuel, fertilizer and pesticides (FAO, 2008b). These same energy concerns have driven the demand for agrofuels, which compete for crops and cropland. We attribute greater significance to this latter point than do politically neutral listings of the food crisis triggers for two reasons. For one, the push to develop agrofuels has become an accelerating policy train. Top agrofuels producers are the United States and Brazil (together accounting for almost 90% of ethanol production), the European Union (accounting for approximately 60% of biodiesel production), and a growing number of others, such as China, Canada, and India (FAO, 2008b:15). A wide range of government support programs at various stages of production and consumption have accelerated agrofuels production since 2003. A report by the Global Subsidies Initiative estimated that by 2007, support for the industry in OECD countries was approximately $13 to $15 billion dollars per year (Steenblik, 2007:4). While disputed, there is ample evidence that the contribution of agrofuels development to food-price increases has been significant. For example, despite United States assertions that agrofuels only contributed 2% to 3% to global food price increases (Borger, 2008) and that their production is responsible for just 12% of the rise in the IMF's food price index (Baier and others, 2009, the United States Federal Reserve), various other respected sources have calculated a much more substantial impact on food prices. The International Food Policy Research Institute estimates agrofuels' contribution to global commodity price increases to be 25% to 33% (Martin, 2008), while the OECD estimates agrofuels accounted for nearly 60% of the increased demand for cereal and oils between 2005 and 2007 (Borger, 2008). Further, Rosegrant and others (2008) conclude that agrofuels production necessarily results in a «food-versus-fuel» trade-off that implies significant food commodity price increases, and in turn, a reduction in the availability of calories and an increase in levels of malnourishment, particularly in Sub-Saharan Africa and Latin America. Developing countries are hit particularly hard, given that much larger proportions of household budgets are spent on food (Elobeid and Hart 2007).

Therefore, the chief point is that while many factors affecting food prices are difficult, if not impossible, to control —such as drought, rising incomes and population growth—, the pitting of agricultural production for fuel over food is a policy decision (Bello 2009; Holt-Gimenez 2009). Moreover, it is one that is currently implemented by the very countries advocating trade liberalization in agriculture. Brazil, the one developing country which stands to profit from its significant agrofuels production —and

importantly, whose production of sugar ethanol is argued to not compete with food crops— is subject to high import tariffs in the European Union (Cronin 2008). Future subsidy and policy commitments to further agrofuels development in OECD countries (e.g. 10% mandated agrofuels content in the European Union by 2020) suggests that the pressure on food prices will be maintained if not increased.

Despite the predictability of many of the food crisis triggers, their confluence could unfold into a 'perfect storm' acting on the price of food staples such as rice, wheat and corn (Bello 2009). Rice prices differ by type, but in 2006 most types hovered around $300/ton and peaked in May 2008 at almost triple that. Thailand, for example, has been the top rice exporter since 1980 (FAO, 2004), and the price of Thai white rice increased 310%, from $311/ton in 2006 to $963/ton in 2006 (FAO, 2008c). Similarly, the United States No. 2 Hard Red wheat increased in price 227%, from $212/ton in 2006 to peak at $481/ton in March 2008, and the United States No. 2 yellow maize increased 201% from $145/ton in 2006 to peak at $292/ton in July 2008 (FAO, 2008d).

While such price increases may cut into the discretionary spending of the middle-income earner in a developed country, they have a far greater impact on those in developing countries; most specifically, on low-income, food importing countries such as those in Africa and Asia, and on the low-income populations, as they spend the largest portion of their consumption of food (Mason, Jayne, Chapoto and Donovan 2011). Of the people who live on less than $8.20 a day, for instance, their food expenditure shares range from 60% to 70% of their budgets (Conceição and Mendoza 2009:1166). Given that the low-income population comprises a significant portion of the population of the developing world, numbering around 4 billion people (Conceição and Mendoza 2009), a large and significant majority will be adversely affected by these food price increases.

C. Conclusions: transcending petro-chemical agriculture and transport

This essay has argued that agrofuels contribute to exacerbating the metabolic rift that modern agriculture introduced in the relation between human society and nature. More specifically, compelling scientific evidence reveals that agrofuels fail the sustainability criteria set up in the introduction: their production requires more energy than they generate, produce more GHG emissions than fossil fuel, are predicated on economic subsidies, enhance mono-cropping to the detriment of plant biodiversity, and extend socially-exclusionary processes. Furthermore, a direct and significant causal relation exists between agrofuels production and the 2007-2011 global food crises. Many observers have concluded that the removal of policies promoting the production of agrofuels is necessary to lower food prices and ensure the most vulnerable populations' well-being and access to food (Rosegrant 2008; Singh 2009). Others have also noted that the current political economy of agrofuels reinforces the environmental destruction and exploitation of the South observed with other resources, and seems poised to lead to greater degradation of developing countries (Dauvergne and Neville 2009). Therefore, continuation of the agrofuels project can only exacerbate the metabolic rift brought about by modern agriculture.

Fernando Cuevas (2007) and other scholars, while highly skeptical of agrofuels, have set up exceptions under which they would be an acceptable policy option. For Cuevas (2007:61-62), agrofuels should be adopted, if at all, only if their production is compatible with both the land's «vocation» and the supply of sugar and other feed crops for human use. Provided that these uses can be satisfied first, it is implicitly argued, only then should agrofuels be promoted: the true potential of agrofuels production in Latin America, both for domestic uses and for export, says Cuevas, must be the result of making them compatible with the land's vocation as well as with satisfying human needs first.

Even a scholar as critical of agrofuels and the development paradigm as Philip McMichael, from whom this essay takes one of its opening epigraphs and other fundamental ideas, allows for an exceptional circumstance in which agrofuels would be justifiable on social and environmental grounds: when they are produced within an overall goal of food-and-energy sovereignty. For McMichael,

…the agro-fuels project reproduces the 'global ecology' regime, viewing 'market environmentalism' as the solution, rather than the problem, turning agrofuels, like food, into a global commodity, rather than *encouraging local biofuels for local energy sovereignty* (on the model of 'food sovereignty'). The problem with the global ecology regime is that it fractures the relationship between social and ecological sustainability (2009b:255, emphasis added).

For McMichael, it is the joint food-and-energy sovereignty goal that would make agrofuels «right» or «acceptable», a position also supported by other critical scholars (Borras, McMichael and Scoons 2010; Fernandes, Welch, and Gonçalves 2010) and some social movements (Moreno and Mittal 2008). Both critical scholars and social movements make it a condition for agrofuels acceptability that they must be accompanied by the radical transformation of current industrial patterns of production and consumption, so that each country can find ways to achieve energy sovereignty. As has been shown in this essay, however, agrofuels may in fact be even more environmentally damaging than continuing the path of hydrocarbons, assuming that it was viable, which it is not. The accumulation of the «good» or acceptable-biofuels approach on a multiplicity of locales, even in post-capitalist situations, can be just as detrimental as if agrofuels were commodified on a global level. The real challenge is to transcend both the hydrocarbon and agrofuels era of energy not only globally but also within a domestically-focused food-and-energy sovereignty model. The best way forward is therefore an immediate redirection of policy, away from the promotion of agrofuels production and development. Instead, a two-pronged policy should include the reduction and more efficient use of hydrocarbons, as a transitional policy which is already being followed in many quarters; while promoting ecologically and socially sustainable renewable energies, such as solar and wind-based (Cuevas 2008; Pimentel 2008).

Unless civil-society organizations pressure their governments to significantly alter the direction of current agrofuels policies, massive projected increases in food and energy consumption from industrialized and emerging economies will result in higher GHG emissions than from fossil fuel combustion; increased land clearing and livestock production, with the resultant GHG emissions increases and loss of biodiversity; and dramatically higher food prices, with concomitant increases in the poor's inability to access sufficient food, and an overall increase in poverty and malnutrition on a global scale. As proposed in the introduction, the four minimum criteria to assess any new renewable energy sources, including solar and wind power, should simultaneously optimize: i) the net *gains* in energy and ii) greenhouse gas emissions *reductions,* while iii) preserving *biodiversity* and iv) ensuring *food sovereignty.* We must ensure that data and assessments of different biomass-based fuels meet these four key objectives —simultaneously— and be based on *full life-cycle analyses* that account for ecological and socioeconomic impacts from production, to transformation, and combustion. The best energy policy options, however, may lie well beyond agrofuels and into the realm of wind and solar energy and, in the mid-term, the complete transcendence of the petro dependent transport and agricultural paradigms. Imaginative state policy will have to be thought out to promote this huge transition, which is unlikely to happen without mass public pressure.

D. Bibliography

Baier, Scott, Mark Clements, Charles Griffiths and Jane Ihrig (2009), «Biofuels impact on crop and food prices: using an interactive spreadsheet». *Board of Governors of the Federal Reserve System.* International Finance Discussion Papers, N° 967, March.

Bello, Walden (2009), *Food Wars*. London:Verso.

Bello, Walden (2010), «Capitalist agriculture, the food price crisis and peasant resistance», pp. 62-75 in H. Wittman, A. A. Desmarais, and N. Wiebe, eds. *Food Sovereignty: Reconnecting food, nature and community.* Halifax: Fernwood.

Birur, Dileep K., Thomas W. Hertel, and Wallace E. Tyner (2007), «The biofuels boom: implications for world food markets», paper prepared for presentation at the *Food Economy Conference* sponsored by the Dutch Ministry of Agriculture, The Hague, October 18-19, 2007.

Block, Ben. (2009), «United States considers biofuels emissions», *WorldWatch Institute.* Washington, D.C.

Borger, J. (2008), «US biofuel subsidies under attack at food summit» [en línea], <www.guardian.co.uk/environment/2008/jun/03/biofuels.energy?gusrc=rss&feed=networkfront>, [accessed 21 December, 2008].

Borras, Saturnino, Philip McMichael and Ian Scoones (2010), «The politics of biofuels, land and agrarian change: editors' introduction». *Journal of Peasant Studies* 37(4):575-592.

Branford, Sue and Jan Rocha (2002), *Cutting the Wire: the Story of the Landless Movement in Brazil.* London: Latin American Bureau.

Clark, Brett and Richard York (2005), «Carbon metabolism: global capitalism, climate change and the biospheric rift». *Theory and Society*, 34:391-428.

Conceição, Pedro and Ronald U. Mendoza (2009), «Anatomy of the Global Food Crisis». *Third World Quarterly*, 30(6):1159-1182.

Cotula, L., N. Dyer and S. Vermeulen (2008), «Fuelling Exclusion? The Biofuels Boom and Poor People's Access to Land», *International Institute for Environment and Development*, London, U.K.

Cronin, D. (2008), «Energy: report challenges EU subsidies for biofuels», Inter Press Service, 4 October, [on-line] <ipsnews.net/news.asp?idnews=39515> [last accessed: 19 December, 2008].

Crutzen, Paul J. and A. R. Mosier, K. A. Smith and W. Winiwarter (2007), «N_2O Release from Agro-Biofuel Production Negates Global Warming Reduction by Replacing Fossil Fuels» *Atmospheric Chemistry and Physics Discussion*, 7:11191-11205.

Cuevas, F. (2007), *Estrategia Energética Sostenible Centroamericana 2020* (LC/MEX/L.828) [en línea], Naciones Unidas, CEPAL, 30 de noviembre <www.eclac.org/publicaciones/xml/7/31977/L828.pdf> [last accessed: 20 February, 2011].

Dauvergne, Peter and Kate J. Neville (2009), «The Changing North-South and South-South Political Economy of Biofuels», *Third World Quarterly*, 30(6):1087-1102.

Dauvergne, Peter and Kate J. Neville (2010), «Forests, fuels and food in the tropics: the uneven social and economic consequences of the emerging political economy of biofuels» *Journal of Peasant Studies* N° 37(4):631-660.

Davis, Julie Hirschfeld (2011), «Obama's Trump Card on Oil Subsidies», *Bloomberg Businessweek*, pp 14-20, February, p. 29.

De Moraes Silva María (2010), «¿Sabe lo que es quedar borrado en la plantación de la caña?» *Conferencia para el Foro Internacional: agroindustria, ética e investigación en salud y ambiente*, Quito, Ecuador, Paraninfo de la Universidad Andina Simón Bolívar, septiembre.

Desmarais. A.A. (2007), *La vía campesina: globalization and the power of peasants*. Halifax: Fernwood Press.

Economic and Social Council of the United Nations (ECOSOC) (2008), «Issues note for special meeting of the economic and social council on global food crisis» [en línea], 20 May <www.un.org/ecosoc/docs/pdfs/Food_crisis_Issues_note_may_2008.pdf> [last accessed: 21 November, 2008].

Eide, Asbjorn (2008), «The Right to Food and the Impact of Liquid Biofuels (Agrofuels)» *United Nations Food and Agriculture Organization* (FAO), Rome, Italy.

Elobeid, Amani and Chad Hart (2007), «Ethanol expansion in the food versus fuel debate: how will developing countries fare?» *Journal of Agricultural & Food Industrial Organization* 5(2):1-21.

FAOSTAT (2001), «Food Balance Sheets», *Food and Agricultural Organization of the United Nations*. Rome, Italy, in Pimentel, David y otros (2009). «Food Versus Biofuels: Environmental and Economic Costs». *Human Ecology*, 37:1-12.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2008a), «World food situation: food price indices, November 2008» [en línea], <www.fao.org/worldfoodsituation/FoodPricesIndex/en/> [accessed 21 November, 2008].

FAO (2008b), «The state of food and agriculture. Biofuels: prospects, risks and opportunities» [en línea], <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0100e/i0100e.pdf> [last accessed: 21 December, 2008].

FAO (2008c), «The FAO rice price update» [en línea], <www.fao.org/es/ESC/en/15/70/highlight_533_p.html> [last accessed 21 November, 2008].

FAO (2008d), «Statistical Appendix», *Crop Prospects and Food Situation* N° 3, July, [en línea] <www.fao.org/docrep/010/ai470e/ai470e09.htm> [last accessed 21 November, 2008].

FAO (2008e), «Policy measures taken by governments to reduce soaring prices» *Crop Prospects and Food Situation*, N° 3, July, [en línea] <www.fao.org/docrep/010/ai470e/ai470e05.htm> [last accessed 24 November, 2008].

Fargione, Joseph y otros (2008), «Land Clearing and the Biofuel Carbon Debt», *Science*, 319:1235-1237.

Ferguson, A.R.B. (2008), «The Power Density of Ethanol from Brazilian Sugarcane» pp. 493-498, in Pimentel, 2008.

Fernandes, B.M., ed. (2009), «Dataluta: Banco de dados da luta pela terra» UNESP Núcleo de Estudos, Pesquisase Projetos de Reforma Agrária [en línea], <www4.fct.unesp.br/nera/projetos/dataluta_brasil_2009.pdf> [last accessed: 20 February, 2011].

Fernandes, B.M., C.A. Welch and E.C. Gonçalves (2010), «Agrofuel policies in Brazil: paradigmatic and territorial disputes», *Journal of Peasant Studies* 37(4):793-819.

Flach, Bob y otros (2009), «EU-27 Annual Biofuels Report», *Global Agricultural Information Network (GAIN) Report*, The Hague, Netherlands, N° NL9014..

Forge, Frédéric (2007), «Biofuels - An Energy, Environmental or Agricultural Policy?» *Science and Technology Division, Library of Parliament*. Ottawa, ON.

Foster, J.B. (1999), «Marx's Theory of Metabolic Rift: classical foundations for environmental sociology». *American Journal of Sociology*, 105(2), 366-405.

Foster, J.B. (2000), *Marx's ecology: materialism and nature,* New York: Monthly Review Press.

Foster, J.B. (2009), *The ecological revolution: making peace with the planet*. New York: Monthly Review Press.

Giampietro, M. and D. Pimentel (1994), «Energy Utilization» In Arntzen, C. J. and E. M. Ritter (eds.). *Encyclopedia of Agricultural Science*, Vol. 2., Academic, San Diego, CA, pp. 63-76, in

Pimentel, David y otros (2009). «Food versus biofuels: environmental and economic costs». *Human Ecology*, 37:1-12.

Goldenberg, J. (2007), «Ethanol for a sustainable energy future», *Science* 315:808-810.

Gordon, Gretchen (2008), «The Global Free Market in Biofuels». *Development* 51(4):481-487.

Hall, Jeremy, Stelvia Matos, Liv Severino, and Napoleão Beltrão (2009) «Brazilian biofuels and social exclusion: established and concentrated ethanol versus emerging and dispersed biodiesel» *Journal of Cleaner Production* doi:10.1016/j.jclepro.2009.01.003.

Hisano, Shuji, and Simone Altoé (2008), «Brazilian farmers at the crossroads: biotech industrialization of agriculture or new alternatives for family farmers?», pp. 243-266 in G. Otero, ed. *Food for the Few: Neoliberal Globalism and Biotechnology in Latin America*. Austin: University of Texas Press.

Hoffman, Rodolfo and Marlon Gomes Ney (2010), «Evoluçao recente da estrutura fundiária e propiedade rural no Brasil», pp. 45-64 in Gasques, y otros 2010.

Holt-Giménez, Eric and I Kenfield (2008), «When 'Renewable Isn't Sustainable: agrofuels and the inconvenient truths behind the 2007 US Energy Independence and Security Act», *Policy Brief N° 13*, Oakland, CA: Institute for Food and Development Policy.

Jepson, Wendy E. C. Brannstrom and R.S. de Souza (2008), «Brazilian Biotechnology Governance: Consensus and Conflict Over Genetically Modified Crops», pp. 217-242 in G. Otero, ed. *Food for the Few: Neoliberal Globalism and Biotechnology in Latin America*. Austin: University of Texas Press.

Konefal, Jason and Lawrence Busch (2010), «Markets of multitudes: how biotechnologies are standardising and differentiating corn and beans», *Sociologia Ruralis* N° 50 (4), pp. 409-427.

Koplow, Doug (2006), «Biofuels-at what cost? Government support for ethanol and biodiesel in the United States», *The Global Subsidies Initiative, International Institute for Sustainable Development*, Geneva, Switzerland, October.

Koplow, Doug and Ronald Steenblik (2008), «Subsidies to ethanol in the United States» pp. 79-108, in D. Pimentel (ed.), *Biofuels, Solar and Wind as Renewable Energy Systems: Benefits and Risks,* New York: Springer Science and Business Media, B.V.

Kutas, Géraldine y otros (2007), «Biofuels - At what cost? Government support for ethanol and biodiesel in the European Union», in *The Global Subsidies Initiative, International Institute for Sustainable Development*, Geneva, Switzerland, October, 2007.

Mançano Fernandes, Bernardo, Cliff Andrew Welch and Elienaí Constantino Gonçalves (2010) «Agrofuels Policies in Brazil: paradigmatic and territorial disputes», *Journal of Peasant Studies*. 37(4):793-820.

Magdoff, Fred (2008), «The Political Economy and Ecology of Biofuels», *Monthly Review*, 60(3):34-50.

Mason, Nicole M., T.S. Jayne, Antony Chapoto, and Cynthia Donovan. 2011. «Putting The 2007/2008 Global Food Crisis In Longer-Term Perspective: trends in staple food affordability in urban Zambia and Kenya», *Food Policy.* 36(1):350-367 .

McMichael, P. (2009a) «A food regime genealogy», *The Journal of Peasant Studies*. 36(1):139-169.

McMichael, P. (2009b) «Contemporary contradictions of the global development project: geopolitics, global ecology and the development climate», *Third World Quarterly*. 30(1):247–262.

Melillo, J.M. and others (2009), «Indirect emissions from biofuels: how important?» *Science* 326:1397-1399.

Mol, Arthur P. J. (2007), «Boundless biofuels? Between environmental sustainability and vulnerability», *Sociologia Ruralis*, 47(4): 297-315.

Moore, Jason W. (2011), «Transcending the metabolic rift: a theory of crisis in the capitalist world-ecology», *Journal of Peasant Studies* 38(1):1-46.

Moore, Jason W. (2010), «The end of the road? Agricultural revolutions in the capitalist world-ecology, 1450-2010», *Journal of agrarian Change*, N° 10(3):389-413.

Moreno, Camila and Anuradha Mittal (2008), «Food and Energy Sovereignty Now: Brazilian Grassroots Position on Agroenergy», *The Oakland Institute; Terra de Direitos*, Oakland, CA; Curitiba, Brazil, February 2008.

Msangi, Siwa y otros (n/d), «Global scenarios for biofuels: impacts and implications» *International Food Policy Research Institute*. Washington, D.C.

Nass, Luciano Lourenço, Pedro Antônio Arraes Pereira and David Ellis (2007), «Biofuels in Brazil: an overview», *Crop Science*, 47:2228-2237.

Niven, R.K. (2005), «Ethanol in gasoline: environmental impacts and sustainability» *Renewable and Sustainable Energy Reviews* ,9:535-555.

Otero, G. ed. (2008), Food for the few: neoliberal globalism and biotechnology in Latin America. Austin: University of Texas Press.

Otero, G. (n/d) «Toward Deglobalization and Food Sovereignty?», *Capital and Class*, 35(1) DOI:10.1177/0309816811402312 (in press).

Otero, G. and G. Pechlaner (2009), «Is Biotechnology the Answer? The Evidence from North America» *NACLA Report on the Americas*, 42(3):27-31.

Pacini Costa, Henrique Silva and Semida Silveira (2009), «Evidence from markets of ethanol and gasoline in Brazil and Sweden: international demand justifying the need for multiple biofuel producers», paper prepared for presentation at conference *«An Emerging Global Market? Can Biofuels Substitute for Petroleum?* » September 16, 2009, Simon Fraser University.

Payne, Leigh A. (2000), *Uncivil movements: the armed right wing and democracy in Latin America.* Baltimore, MD: Johns Hopkins University.

Patzek, Tad W. (2008), «Can the Earth Deliver the Biomass-for-fuel We Demand?» pp. 19-55 in D. Pimentel, 2008.

Pechlaner, G. and G. Otero (2008), «The third food regime: neoliberal globalism and agricultural biotechnology in North America», *Sociologia Ruralis N° 48* (4) pp. 351-371.

Pechlaner, G. and G. Otero (2010), «The neoliberal food regime: neoregulation and the new division of labor in North America», *Rural Sociology.* 75(2):179–208.

Pimentel, David (ed.) (2008), *Biofuels, Solar and Wind as Renewable Energy Systems: Benefits and Risks*. New York: Springer.

Pimentel, David and Tad Patzek (2007), «Ethanol production: energy and economic issues related to U.S. and Brazilian Sugarcane», *Natural Resources Research*, 16(3): 235-242.

Pimentel, David y otros (2009), «Food *versus* Biofuels: environmental and economic costs», *Human Ecology*, 37: 1-12.

Pimentel, David, Tad Patzek and Gerald Cecil (2007), «Ethanol production: energy, economic and environmental losses», *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, N° 189: 25-41.

Pingali, Prabhu, Terri Raney and Keith Wiebe (2008), «Biofuels and food security: missing the point», *Review of Agricultural Economics* N° 30(3):506-516.

Pistonesi, Héctor and others (2008), «The contribution of biofuels to the sustainability of development in Latin America and the Caribbean: elements for formulating public policy» (LC/W.219) [en línea], Santiago, Chile, CEPAL <www.eclac.org/publicaciones/xml/7/34977/lcw219i.pdf> [last accessed: 18 February 2011.].

Pooley, Eric and Philip Revzin (2011), «Hungry for a Solution», *Bloomberg Businessweek*. February 2-27, p. 7-9.

Power, Niamh M. and Jerry D. Murphy (2009), «Which is the preferable transport fuel on a greenhouse gas basis; biomethane or ethanol?», *Biomass and Bioenergy* N° 33:1403-1412.

Rathmann, Régis, Alexandre Szklo and Roberto Schaeffer (2009), «Land use competition for production of food and liquid biofuels: an analysis of the arguments in the current debate», *Renewable Energy* [en línea], <www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148109000974.

Reguly, E. (2008), «All about the yield», *The Globe and Mail* [en línea], <www.theglobeandmail.com/servlet/story/LAC.20080628.RCOVER28/TPStory/TPBusiness/?query> [last accessed: 20 November, 2008].

Rosegrant, Mark W. (2008), «Biofuels and grain prices: impacts and policy responses», *International Food Policy Research Institute,* Testimony before the U.S. Senate Committee on Homeland Security and Governmental Affairs, Washington, D.C., May 7.

Rosegrant, Mark W. and others (2008), «Global scenarios for biofuels: impacts and implications», *Review of Agricultural Econmics* N° 30(3):495-505.

Sachs, Ignacy (2007), «The Biofuels Controversy», *UN Conference on Trade and Development*, UNCTAD/DITC/TED/2007/12 [en línea], <www.unctad.org/Templates/Download.asp?docID=9515&intItemID=1717&lang=1> [last accessed: 28 February, 2011].

Scharlemann, Jörn P. W. and William Laurance (2008), «How green are biofuels?», *Science*, 319:43-44.

Schneider, M. and P. McMichael (2010), «Deepening, and repairing, the metabolic rift», *Journal of Peasant Studies* N° 37(3):461-484.

Searchinger, Timothy y otros (2008), «Use of U.S. Croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change», *Science*, 319:1238-1240.

Silva, María D.M. (2010). «¿Sabe Lo que es quedar borrado en la plantación de la caña?», paper presented at the *Foro Internacional: agroindustria, ética e investigación en salud y ambiente*, Quito, Ecuador, Paraninfo de la Universidad Andina Simón Bolívar.

Singh, Sumanjeet (2009), «Global food crisis: magnitude, causes and policy measures», *International Journal of Social Economics*, N° 36(1/2):23-36.

Steenblik, R. (2007), «Biofuels-at what cost? Government support for ethanol and biodiésel in selected OECD countries», *Global Subsidies Initiative* [en línea], <www.globalsubsidies.org/files/assets/oecdbiofuels.pdf> [last accessed: 20 December, 2008].

Via Campesina (2008), «Small farmers feed the world. Industrial agrofuels hunger and poverty» *Via Campesina,* position paper, June 24.

The Economist (2007), «Biofuels», *The Economist*, September 27th.

The Economist (2009), «Biofools», *The Economist*, April 8th [en línea], <www.economist.com/sciencetechnology/displayStory.cfm?story_id=13437705> [last accessed: 20th August, 2009].

The Economist (2010), «The Post-Alcohol World», *The Economist*, October 30th, pp. 84-86.

The Economist (2011), «Tax Away Vulnerability», *The Economist*, February 23rd, [en línea] <www.economist.com/blogs/freeexchange/2011/02/energy_prices> [last accessed: 28 February, 2011].

Tickell, J. (2006), «Biodiesel America: how to achieve energy security, free America from Middle-East oil dependence, and make money growing fuel», Yorkshire Press: Yorkshire, in Pimentel, David y otros (2009), «Food versus Biofuels: Environmental and Economic Costs», *Human Ecology*, N° 37:1-12.

Tilman, David and others (2009), «Beneficial Biofuels - The Food, Energy, and Environment Trilemma», *Science*, 325:270-271.

Tyner, Wallace E. (2007), «Policy Alternatives for the Future Biofuels Industry» *Journal of Agricultural & Food Industrial Organization*, 5:1-13.

UN (1999), Population Division. United Nations Secretariat. *The World at Six Billion*, Part 1 [en línea], November 4, 2007 <www.un.org/esa/population/sixbillion/sixbilpart1.pdf>, in Pimentel, David y otros (2009), «Food *versus* biofuels: environmental and economic costs», *Human Ecology*, 37:1-12.

USCB (2007), «Statistical Abstract of the United States 2007» *US Census Bureau*, US Government Printing Office. Washington, D.C., in Pimentel, David y otros (2009), «Food *versus* biofuels: environmental and economic costs», *Human Ecology*, 37:1-12.

Von Braun, Joachim (2007), «When food makes fuel: the promises and challenges of biofuels», *Crawford Fund Annual Conference, Keynote Address*. Australia, August 15, 2007.

Von Braun, Joachim (2008), «Biofuels, international food prices, and the poor», *Testimony to the United States Senate Committee on Energy and Natural Resources*, Washington, D.C., June 12, 2008.

Von Braun, Joachim and others (2008), «High food prices: the what, who and how of proposed policy actions», *International Food Policy Research Institute.* Washington, D.C.

Wilkinson, John and Selena Herrera (2010), «Biofuels in Brazil: debates and impacts», *Journal of Peasant Studies* 37(4):749-768.

Wittman, Hannah (2009), «Reworking the Metabolic Rift: la vía campesina, agrarian citizenship, and food sovereignty», *Journal of Peasant Studies* 36(4):805-826.

Zah, R. y otros (2007), «Ökobilanz von Energieprodukten: Ökologische Bewertung von Biotreibstoffen» [«ABC de productos energéticos: Evaluación ecológica de los biocombustibles»], *Report for the Government of Switzerland*. Cited in Scharlemann, Jörn P. W. and William Laurance (2008), «How green are biofuels?», *Science*, 319:43-44.

Artículo I.2
Un paso adelante y dos atrás: políticas y legislación sobre biocombustibles en México

Horacio Rodríguez Vázquez*
Instituto de Investigaciones Dr. José Ma. Luis Mora (México)

Introducción

Los países de América Latina y el Caribe tienen el potencial para producir biocombustibles y condiciones favorables para el aprovechamiento de la agro-energía, lo que representa una oportunidad para diversificar su matriz energética. Conscientes de lo anterior, varios países de la región han implementado, o están en proceso de implementar, políticas, leyes y/o programas que promueven el desarrollo de los bioenergéticos. Algunos factores que explican esta tendencia son: el crecimiento de la demanda global por biocombustibles, los altos precios del petróleo, el interés de algunos gobiernos por cumplir los compromisos adquiridos sobre cambio climático y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, la seguridad energética y el énfasis puesto en promover el desarrollo sostenible de los sistemas productivos (Dauvergne y Neville, 2009; Furtado, 2009; Razo y otros, 2007).

México no es la excepción. Desde finales de 2005 se han diseñado leyes y programas públicos orientados a fomentar la producción, comercialización y uso del bioetanol y biodiésel como combustibles para el transporte. Ello, sin duda, representa un gran avance en las acciones encaminadas a diversificar la matriz energética, potenciar el desarrollo de la agroindustria y promover las energías renovables en el país.

No obstante, existen desafíos para alcanzar los objetivos planteados en materia de biocombustibles líquidos en México. Resulta prioritaria una mayor claridad en las leyes y verificar la congruencia con sus respectivos reglamentos, sobre todo en lo referente a la utilización del maíz como insumo, al cambio de uso de suelo y las posibles implicaciones negativas para el medio ambiente y la seguridad alimentaria de la población. Asimismo, existe el reto de incrementar la productividad agrícola para disminuir los costos de las materias primas. Además, los efectos de la crisis financiera reciente se expresaron en la suspensión de operaciones y cancelación de inversiones en infraestructura, lo que llevó a postergar las metas establecidas originalmente. Por tanto, es necesario reconsiderar el capital necesario para la producción de biocombustibles, evaluar fuentes alternativas de financiamiento y dar seguimiento a otro tipo de insumos bioenergéticos.

El objetivo del presente trabajo es presentar el panorama de las políticas y legislación vigentes en materia de biocombustibles líquidos en México, subrayando los principales logros y las áreas de oportunidad a mejorar. Este artículo consta de cuatro secciones, además de esta introducción. En la sección A se presenta el estado del arte del sector energético mexicano, como marco referencial sobre las condiciones que propiciaron el diseño de las políticas y legislación sobre bioenergéticos. En la sección B se hace una breve descripción de los programas públicos y el marco regulatorio vigente. En la sección C se mencionan los aspectos que pueden considerarse como «pasos adelante» en la implementación de dichos instrumentos. En la sección D, se analizan aquellos factores que representan «pasos para atrás». En la sección E se presentan las perspectivas a mediano plazo del mercado de los biocombustibles líquidos en

* Contacto: Tel.: (+52-777) 3138668 y (+54-11) 48042379 ● C.E.: horacio.rodvaz@gmail.com.

México y, finalmente, en las conclusiones se subrayan los principales retos para lograr con éxito los objetivos planteados en la legislación y las políticas públicas sobre bioenergéticos.

A. El sector energético en México

El sector energético es fundamental en la economía mexicana, ya que sustenta gran parte de las finanzas públicas y el desarrollo económico y social del país. México es un país rico en recursos energéticos. Cuenta con hidrocarburos, ríos y represas aprovechables para la generación de energía hidroeléctrica, áreas volcánicas con alto potencial geotérmico, zonas de vientos intensos y permanentes, elevada incidencia solar, uranio, carbón, biomasa y capital humano con conocimientos tecnológicos en materia de energía (Jiménez, 2010).

Sin embargo, la diversificación de la matriz energética es limitada y se basa fundamentalmente en los combustibles fósiles. En 2009, éstos representaron el 92,8% de la producción de energía primaria en el país. En contraste, la energía proveniente de fuentes renovables representó el 7,3% de la energía producida en el país. La biomasa, que incluye leña y bagazo de caña y es la categoría donde se incluye a los biocombustibles, aportó sólo el 3,5% de la producción de energía (véase el cuadro I.2.1).

Cuadro I.2.1
México: composición de la producción de energía primaria de acuerdo con su fuente de energía, 2009
(En petajoules y porcentajes)

Fuente de energía	Producción de energía primaria	
	Petajoules	*Porcentaje*
Combustibles fósiles		
Carbón	212,00	2,2
Petróleo crudo	6 058,73	61,5
Condensados	86,08	0,8
Gas natural	2 775,58	28,2
Subtotal de combustibles fósiles	9 132,39	92,7
Fuentes renovables		
Energía nuclear	112,75	1,1
Hidroenergía	95,20	1,0
Geoenergía	155,53	1,6
Energía solar	6,75	0,1
Energía eólica	0,92	0,0
Bagazo de caña	88,73	0,9
Leña	260,68	2,6
Subtotal de fuentes renovables	720,56	7,3
Total	9 852,95	100,0

Fuente: Elaboración propia sobre la base de información de SENER (2010).

Lo anterior es resultado, en parte, del hecho de que «México, como país petrolero, descuidó el desarrollo de sus recursos renovables para la producción de energía» (Masera, 2006). A su vez, es consecuencia de la importancia relativa que tienen las divisas generadas por la exportación de combustibles fósiles en el presupuesto del gobierno federal. De acuerdo con datos de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), el sector petrolero ha generado, en promedio, la tercera parte de los ingresos públicos durante los últimos diez años[1].

Sin embargo, dicho sector enfrenta dos desafíos relevantes. En primer lugar, las reservas totales de petróleo (probadas y probables) han mostrado una tendencia a la baja, pasando de 58.204,1 millones de barriles en 2000 a 43.074,7 millones de barriles de petróleo crudo equivalente en enero de 2010, lo que representa una disminución de 26% (PEMEX, 2010a). La producción de petróleo ha tenido un comportamiento similar. Después del progreso mostrado en los primeros años de la última década, la producción de crudo comenzó a decrecer a partir de 2004: de 3.012 millones de barriles diarios producidos ese año, pasó a 2.601 millones de barriles por día en 2009, lo que significa una reducción del 13,6% (PEMEX, 2011). De acuerdo con estimaciones del gobierno federal, las reservas probadas de petróleo crudo podrían agotarse alrededor de 2016 si continúa el ritmo de explotación actual (Presidencia de la República, 2007).

En segundo lugar, México no cuenta con la capacidad de refinación necesaria para satisfacer la demanda interna de los productos derivados del petróleo, como gasolinas, combustóleo, diésel y gas licuado, entre otros, lo que genera una balanza comercial deficitaria y una dependencia creciente en las importaciones de este tipo de productos. Entre otras razones, esto se debe a que la industria petrolera es un monopolio estatal que no ha asumido las inversiones necesarias para aumentar su capacidad de agregar valor al petróleo crudo, lo que ha generado que la industria petrolera mexicana se encuentre hoy con importantes retos tecnológicos y descapitalizada (Jiménez, 2010; Ruiz, 2007).

La preocupación por la seguridad energética en este contexto, así como las tendencias en el mercado internacional de biocombustibles, fueron los principales incentivos para que en México se apostara por el diseño y la implementación de políticas públicas, leyes y programas en materia de bioenergéticos, los cuales se mencionan a continuación.

B. Políticas y legislación en materia de bioenergéticos en México

Si bien el trabajo legislativo en materia de biocombustibles inició en 2005[2], no fue sino hasta 2007 cuando los bioenergéticos se incorporaron de manera contundente en la agenda pública mexicana, mediante su inclusión en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2007-2012. A partir de ese momento, comenzaron a elaborarse programas, leyes y sus respectivos reglamentos, emanados de los lineamientos establecidos en el PND.

El PND 2007-2012 es el primero que plantea, explícitamente, la necesidad de diseñar leyes y programas públicos en materia de cultivos energéticos. Su objetivo es aprovechar la expansión de los mercados internacionales de biocombustibles para potenciar el desarrollo de la agroindustria y las energías renovables en México. Dos de los cinco ejes en los que se sustenta el PND 2007-2012 son los que se

---

1 Secretaría de Hacienda y Crédito Público, "Ingresos" » en *Estadísticas de Finanzas Públicas 2000-2009* [en línea], México, 5 de agosto de 2010 (http://www.shcp.gob.mx/EGRESOS/contabilidad_gubernamental/gestiónestadis ticas/2000-2009/Paginas/ingresos.aspx) [consulta: 20 de febrero de 2011].

2 La primera propuesta legislativa sobre promoción y desarrollo de los bioenergéticos se sometió a revisión en diciembre de 2005. Sin embargo, el decreto de ley fue publicado hasta el 2 de febrero de 2008, constituyéndose como la primera ley de este tipo que se promulgó en el país.

relacionan directamente con el tema: el eje 2, que propone el impulso de los biocombustibles para contribuir a la seguridad energética y como una alternativa para mejorar el ingreso de los productores agrícolas; y el eje 4, que establece la transversalidad del desarrollo sostenible como uno de los principales lineamientos del presente gobierno[3].

Los programas y leyes vigentes en materia de biocombustibles líquidos en México pueden agruparse de la siguiente manera:

Programas sexenales (2007-2012):

a) Plan Nacional de Desarrollo
b) Programa Sectorial de Energía
c) Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario y Pesquero
d) Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar
e) Leyes con sus respectivos reglamentos
f) Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos[4]
g) Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética

Programas especiales derivados de las leyes (2009-2012):

a) Programa de Introducción de Bioenergéticos
b) Programa de Producción Sostenible de Insumos para Bioenergéticos y Promoción de Desarrollo Científico y Tecnológico
c) Programa Especial para el Aprovechamiento de las Energías Renovables

C. Institucionalidad, financiamiento y vinculación intersectorial: un paso adelante

Los grandes logros de los programas y leyes antes mencionados, que pueden considerarse como un paso adelante, tienen que ver con la creación de la institucionalidad y la asignación de recursos necesarios para implementarlos, así como la búsqueda por crear vínculos entre los diferentes sectores relacionados con los biocombustibles líquidos en México.

De hecho, una de las preocupaciones al formular el PND 2007-2012 fue la de contribuir a la articulación de los distintos programas sectoriales mediante el diseño de una estrategia integral de políticas públicas. Para lograr este objetivo, en el artículo 8 de la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos se estableció que debería crearse la Comisión Intersecretarial de Bioenergéticos como la institución responsable del diseño de la legislación y los programas públicos pertinentes, de la definición de los

[3] Los cinco ejes del Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 son: a) Estado de Derecho y seguridad; b) economía competitiva y generadora de empleos; c) igualdad de oportunidades; d) sostenibilidad ambiental, y e) democracia efectiva y política exterior responsable.

[4] Los bioenergéticos son definidos por la ley como aquellos combustibles obtenidos a partir de la biomasa proveniente de actividades agrícolas, ganaderas, silvícolas, domésticas, comerciales e industriales, así como aquellos que son producto de microorganismos, enzimas, acuacultura, cultivo de algas y/o residuos de actividades pesqueras.

lineamientos y prioridades para la asignación del presupuesto, así como de la formulación y el monitoreo de los indicadores de seguimiento[5].

Además, a raíz de la aprobación de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, en noviembre de 2008, se estableció la Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sostenible de la Energía como el mecanismo mediante el cual el Estado Mexicano impulsará las políticas, programas, acciones y proyectos encaminados a regular el uso de las fuentes de energía renovables y las tecnologías «limpias» para la generación de electricidad, promover la eficiencia y la sostenibilidad energéticas, así como lograr la reducción de la dependencia en los combustibles fósiles como fuente primaria de energía. Mediante esta ley también se creó el Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sostenible de la Energía[6], que consiste en un fideicomiso de 55 millones de dólares al año para lograr las metas establecidas en el Programa Sectorial de Energía 2007-2012[7].

Para complementar estos esfuerzos, en la ley se establece que los niveles de gobierno federal, estatal y municipal deberán conducir las acciones necesarias para facilitar el acceso a las zonas con alto potencial para el aprovechamiento de las energías renovables, impulsar el desarrollo industrial para utilizar la energía producida, facilitar los trámites para el otorgamiento de licencias y permisos de explotación y realizar las modificaciones de uso de suelo correspondientes.

Por otra parte, un aspecto que vale la pena subrayar es que las leyes y los instrumentos de política mencionados buscan crear y fortalecer los vínculos entre el sector agrícola y el energético, interrelación que, seguramente, traerá beneficios sociales en las zonas rurales del país. En ese sentido, el Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario y Pesquero 2007-2012 establece como uno de sus objetivos diversificar las fuentes de ingreso de los agricultores, vinculándolos con los procesos de agregación de valor y la producción de cultivos energéticos. De igual manera, el Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2007-2012 busca fomentar la diversificación del sector, orientándola a la elaboración de biocombustibles y a la cogeneración de energía, además de promover proyectos de investigación para caracterizar el genoma funcional de la caña con el objetivo de diseñar variedades con un mayor contenido de biomasa para la fabricación de biocombustibles.

Aunado a lo anterior, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), a través del Programa de Producción Sostenible de Insumos para

---

5 La Comisión, instaurada el 27 de febrero de 2008, está integrada por los titulares de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), la Secretaría de Energía (SENER), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Secretaría de Economía (SE) y la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) del Gobierno de México.

6 A su vez, se creó un comité técnico del fondo que será el encargado de emitir las reglas para la administración, asignación y distribución de los recursos federales y aquellos provenientes de la cooperación internacional destinados a financiar proyectos de innovación tecnológica, diversificación de la oferta energética y difusión de información para sensibilizar a la población con respecto al uso de energías renovables. Dicho comité está conformado por representantes de SENER, SAGARPA, SEMARNAT, SHCP, la Comisión Federal de Electricidad (CFE), el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), el Instituto de Investigaciones Eléctricas y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Se estableció que los recursos serán utilizados de la siguiente manera durante el primer año de operación del fondo: 55% para el “fondo verde” », que incentive el uso de tecnologías renovables maduras (aplicaciones eléctricas); 15% para el “fondo de investigación y desarrollo tecnológico de las energías renovables; 10% para el “fondo de electrificación rural” »; 7% para el “fondo de biocombustibles” »; 7% para el “fondo general de energías renovables” » (aplicaciones no eléctricas); 6% para el “fondo de tecnologías emergentes” » (aplicaciones eléctricas).

7 La meta para 2012 es que la participación de las energías renovables en la matriz energética sea del 6%, y que la capacidad instalada de generación de energía eléctrica basada en ellas sea del 26%, tomando como línea de base los valores de generación de electricidad en 2006.

Bioenergéticos y de Desarrollo Científico y Tecnológico, ha iniciado con diferentes acciones entre las que se encuentran la generación de paquetes tecnológicos, la producción y reproducción de semillas y materiales vegetativos con potencial bioenergético, la identificación y el establecimiento de proyectos piloto, así como el análisis y aprobación de proyectos productivos con el objetivo de producir los insumos necesarios para lograr las metas establecidas en el Programa de Introducción de Bioenergéticos[8]. Una de sus prioridades es la inclusión de aquellas regiones con alta y muy alta marginalidad para que puedan convertirse en centros de producción y distribución para el abastecimiento adecuado de la agroindustria bioenergética. El programa también considera el desarrollo de materias primas agrícolas para la producción de biodiesel, así como el aprovechamiento de nuevas fuentes de energía como el biogás a partir de excretas ganaderas y de otros insumos orgánicos.

Finalmente, el Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables 2009-2012 busca ampliar la cobertura del servicio eléctrico basado en energías renovables en aquellas comunidades rurales donde no sea técnica o económicamente viable la conexión a la red existente, factor que seguramente contribuirá al desarrollo y la mejora de los niveles de bienestar entre la población rural.

D. Ambigüedad, falta de claridad, incongruencia y externalidades: dos pasos para atrás

La aprobación de leyes y programas públicos en materia de biocombustibles líquidos en México representa, sin lugar a duda, un paso adelante para fomentar la diversificación energética, el desarrollo de la agroindustria y la promoción de las energías renovables en el país. Sin embargo, dado que dichos instrumentos son muy recientes, aún quedan varios temas pendientes en la agenda pública para lograr con éxito los objetivos planteados en ellos y aprovechar al máximo el potencial de la bioenergía[9].

En primer lugar, algunos de los programas públicos y las leyes no establecen metas, objetivos y/o indicadores de cumplimiento específicos, por lo que se corre el riesgo de que las propuestas y, sobre todo, los resultados se queden meramente en la retórica. El Programa Sectorial de Energía 2007-2012, por ejemplo, señala que las políticas públicas deben estar dirigidas a la diversificación de la matriz energética mediante el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía, entre ellas, los biocombustibles; pero no establece indicadores específicos para cada tipo de fuente renovable de energía. Asimismo, el Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario y Pesquero 2007-2012 propone el aprovechamiento de excretas de ganado para la generación de biogás, pero no define metas o indicadores sobre el uso de residuos de las actividades pecuarias como fuente de energía. Dicho programa sólo establece como indicador de cumplimiento que en 2012 existan, al menos, 300.000 hectáreas destinadas a la producción de cultivos energéticos en el país. De igual manera, la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos propone el otorgamiento de incentivos destinados a la fabricación, adquisición, instalación, operación o mantenimiento de maquinaria para la producción de biocombustibles. Sin embargo, en la ley no se especifica ni el tipo ni el monto de estímulos a otorgar. El artículo 17 plantea que éstos dependerán de cada

---

[8] En el caso del bioetanol, el programa establece su introducción como sustituto del MTBE (éter metil tert-butílico) para oxigenar las gasolinas en las zonas metropolitanas del país (Guadalajara, Monterrey y el Valle de México), cumpliendo con los lineamientos de la Norma Oficial Mexicana, NOM-086. Por lo tanto, en una primera fase (2009-2011) se busca producir la biomasa necesaria para la generación de 3.400 barriles diarios de etanol, lo que equivale a 176 millones de litros de etanol por año, que permitan mezclarlo en las gasolinas de la zona metropolitana de Guadalajara y obtener el 2,0% del peso en oxígeno, según lo establecido en la NOM-086. En una segunda etapa (2010-2012), se requiere producir alrededor de 630 millones de litros por año para abastecer las zonas metropolitanas de Monterrey y del Valle de México.

[9] Laguna (2009) considera que el bioetanol puede llegar a aportar el 10% del total de la producción de bioenergía en México, mientras que el biodiésel tiene el potencial para cubrir el 6% de la misma.

caso particular, ambigüedad que puede generar que el otorgamiento de los mismos quede sujeto a la discreción de los responsables de entregarlos. No obstante, un aspecto positivo es el hecho de que la ley establece que dichos apoyos serán canalizados a aquellos proyectos en los cuales los productores agrícolas tengan una participación accionaria de por lo menos el 30%, con el objetivo de integrarlos en la cadena de agregación de valor, y que tendrán prioridad los proyectos localizados en las regiones del país con altos índices de marginalidad.

La falta de claridad en las leyes, así como algunas incongruencias entre éstas y sus respectivos reglamentos, son otros aspectos que vale la pena subrayar como áreas de oportunidad a mejorar. En este sentido, el rasgo que más llama la atención es aquel relacionado con las posibles implicaciones de los biocombustibles en la seguridad alimentaria.

Durante el proceso legislativo existieron muchas presiones de grupos sociales y de algunos sectores de la administración pública que influyeron en la elaboración de las leyes y programas sobre bioenergéticos, relacionadas con los posibles efectos en la seguridad alimentaria de la población al utilizar el maíz como materia prima. Como resultado, el artículo 11 de la Ley de Producción y Uso de los Bioenergéticos establece que la SAGARPA podrá otorgar permisos para la elaboración de biocombustibles a partir de maíz únicamente cuando existan excedentes en la producción nacional para satisfacer la demanda interna. México es deficitario en la producción de dicho grano, por lo que, si la ley se aplicara al pie de la letra, no se podría utilizar como materia prima. Sin embargo, existen dos proyectos para producir etanol a partir de maíz[10]. Esta situación podría explicarse por las inconsistencias en la legislación, pues mientras el artículo 11 de la ley establece el requisito de contar con autorización de SAGARPA, en el artículo 20 de su reglamento se establece que el uso, parcial o total, de maíz importado para la producción de bioenergéticos no requerirá de ningún permiso previo[11]. Existe, además, la propuesta de modificar la ley para agregar el término «excedentes regionales» en la producción de maíz, lo que permitiría que los dos proyectos mencionados puedan seguir adelante[12]. De aprobarse esta modificación, se debe tener sumo cuidado en la definición del concepto de región, para evitar confusiones o malas interpretaciones de la ley que permitan el aprovechamiento del maíz para producir bioetanol en cualquier localidad del país.

Por otra parte, en la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética se establece que los diferentes niveles de la administración pública deben realizar las modificaciones de uso de suelo necesarias para fomentar el aprovechamiento de energías renovables. Sin embargo, el artículo 50 del reglamento de la Ley de Producción y Uso de los Bioenergéticos prohíbe el cambio de uso de suelo de forestal a agropecuario, y menciona que no se expandirá la frontera agrícola, lo que podría generar competencia entre los cultivos destinados a la alimentación con aquellos destinados a la producción de biocombustibles. En el mismo sentido, el reglamento de la ley establece que los cultivos energéticos deben desarrollarse en tierras de baja rentabilidad o en «tierras marginales» o «de abandono». No obstante, en las leyes vigentes no existe el concepto de tierras marginales o de abandono, por lo que su definición queda a la interpretación o al arbitrio de la autoridad en turno.

Finalmente, los efectos de la recesión y la crisis financiera, sumados a la baja en los precios del petróleo, fueron factores que obstaculizaron la implementación de algunos programas públicos en la

---

10 Se trata de las plantas ubicadas en el Estado de Sinaloa, a cargo de DESTILMEX S.A. de C.V. y MEXSTARCH, S.A. de C.V., con una producción anual estimada de 110 y 38 millones de litros de etanol, respectivamente.

11 El reglamento de la ley de promoción y desarrollo de los bioenergéticos únicamente establece que aquellos interesados en utilizar el maíz importado como biocombustible deberán dar aviso a la SAGARPA, para que dicha institución verifique la congruencia entre el volumen de las importaciones de maíz y la producción de biocombustibles del interesado.

12 Comunicación personal con Rodrigo Pérez, ex coordinador del Programa Nacional de Bioenergía, México.

materia. A comienzos de 2008, por ejemplo, algunas plantas de producción de biocombustibles líquidos suspendieron temporalmente sus operaciones por un problema de financiamiento para producir la materia prima agrícola[13]. Asimismo, en el transcurso de 2009 varias empresas, nacionales y extranjeras, interesadas en el mercado de los biocombustibles líquidos se vieron obligadas a postergar sus proyectos de construcción de plantas de producción de etanol y biodiésel. Como consecuencia, la SAGARPA decidió elaborar una nueva versión del Programa de Producción Sostenible de Insumos para Bioenergéticos y de Desarrollo Científico y Tecnológico, que incluye una posposición de metas. El objetivo original era contar con 300.000 hectáreas de cultivos energéticos en 2012, pero ahora se estima que serán 200.000 hectáreas y estarán listas en 2013[14]. Además, Petróleos Mexicanos (PEMEX) decidió postergar la licitación para la compra de etanol, que originalmente estaba planeada para el primero de diciembre de 2009[15].

Los desafíos arriba mencionados pueden llegar a afectar negativa y considerablemente los logros alcanzados en materia de biocombustibles líquidos en México, por ello es por lo que se habla de que, en este sentido, en el país se dio un paso adelante y dos atrás.

E. Perspectivas del mercado de los biocombustibles en México

Debido a que la industria de los combustibles en México es un monopolio estatal, al hacer referencia a los biocombustibles líquidos se puede hablar de un mercado que no existe y donde el comprador es uno solo, aunque posteriormente se desdoble en muchos consumidores a través de la venta de gasolinas oxigenadas y biodiésel en las estaciones de servicio (Becerra, 2009). Por lo tanto, PEMEX, a través de PEMEX Refinación, sería el único consumidor directo de biocombustibles líquidos en el país[16].

En el caso del bioetanol, el Programa de Introducción de Bioenergéticos establece su introducción como sustituto del MTBE para oxigenar las gasolinas en las zonas metropolitanas del país (Guadalajara, Monterrey y el Valle de México), por lo que su consumo está en función de la demanda de gasolina oxigenada en dichas áreas. La NOM-086 especifica que las gasolinas comercializadas en las zonas metropolitanas de Guadalajara, Monterrey y el Valle de México deben contener entre el 1% y el 2,7% de su peso en oxígeno. Actualmente, las gasolinas que se venden en estas ciudades contienen el 2% de oxígeno, lo cual se logra con la mezcla de MTBE y TAME. Para obtener este porcentaje de oxígeno en las gasolinas, PEMEX ha determinado que se requeriría utilizar el 5,8% de etanol.

Considerando las proyecciones de la demanda de gasolina oxigenada en las zonas metropolitanas del país[17], así como el volumen necesario de etanol para obtener el 2% de oxígeno en la gasolina, se estima que para el 2011 serán necesarios 500 barriles diarios de etanol, lo que equivale a 29 millones de litros de

[13] Torres Oseguera, Carlos, "Urge alcalde Jairo Rivas Páramo recursos para impulsar proyecto de siembra de jatropha" » en *La Jornada Michoacán* [en línea], secc. política, México, 11 de mayo, 2009 <www.lajornadamichoacan.com.mx/2009/05/11/index.php?section=politica&article=012n2pol>. [consulta: 15 de diciembre de 2009].

[14] Rudiño, Lourdes Edith, "Agro combustibles" » en *La Jornada del Campo* [en línea], N° 21, México, 18 de junio, 2009 (http://www.jornada.unam.mx/2009/06/18/agro.html) [consulta: 15 de diciembre de 2009].

[15] Pérez U., Matilde, "Descartan que los agro combustibles amenacen la seguridad alimentaria" », en *La Jornada* [en línea], secc. política, México, 12 de enero de 2010 <www.jornada.unam.mx/2010/01/12/index.php?section =politica&article=008n2pol>. [consulta: 12 de enero de 2010].

[16] PEMEX Refinación es la subsidiaria de PEMEX encargada de la producción de MTBE y TAME como oxigenantes de gasolinas. El *éter metil tert-butílico* (MTBE), es un líquido inflamable fabricado por la combinación de sustancias químicas como isobutileno y metanol. Se ha utilizado desde la década de 1980 como aditivo para lograr una mejor combustión de la gasolina sin plomo y también tiene aplicaciones médicas para disolver cálculos biliares. El *teramil metil éter* (TAME) es un compuesto oxigenante que se mezcla con la gasolina para aumentar el octanaje y reducir las emisiones contaminantes a la atmósfera.

[17] Véase SENER (2010).

etanol anhidro por año; 13.500 barriles diarios o 783 millones de litros de etanol en 2020 y aproximadamente 25.000 barriles diarios de etanol en 2030, que equivalen a 1.439 millones de litros de etanol anhidro por año (véase el cuadro I.2.2)[18].

Cuadro I.2.2
México: demanda de etanol en las zonas metropolitanas, 2011-2030
(En miles de barriles diarios)

Año	Monterrey	Guadalajara	Valle de México	Total
2011	-	0,5	-	**0,5**
2013	2,0	3,3	8,2	**13,5**
2015	2,1	3,6	8,5	**14,2**
2020	2,5	4,5	8,8	**15,8**
2025	2,6	5,1	9,0	**16,7**
2030	**4,4**	**5,7**	**14,7**	**24,8**

Fuente: Elaboración propia sobre la base de información de Galindo (2008) y SENER (2010). El cálculo de la demanda se determinó considerando el 5,8% de etanol en la mezcla de las gasolinas, para obtener el 2% de contenido de oxígeno.

En cuanto al diésel, el principal consumidor el sector automotriz, que representa alrededor del 75% de la demanda y el resto es empleado por actividades agrícolas, industriales y marinas (Rodríguez y Rosas, 2010)[19]. El Centro de Investigación en Energía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), realizó en 2007 un estudio sobre las perspectivas del uso de la bioenergía. Determinó que en una primera fase (2005-2015), en un escenario moderado, la tasa media de crecimiento anual en el consumo de biodiesel para el sector transporte será del 40%. Posteriormente, en el período comprendido entre 2016 y 2025, la tasa media de crecimiento anual e será de 25% y, finalmente, entre 2026 y 2030 ésta será del orden del 15%. También señala que la participación del biodiesel será, en promedio, el 1,1% del total del consumo de diésel en 2015, y del 18,56% en 2030 (Islas, 2007). Tomando como base dichas proyecciones, así como los datos de PEMEX sobre el consumo de diésel en México, se estimó la demanda futura de biodiesel en México, la cual será de aproximadamente 5,5 mil barriles diarios en 2010, cerca de 91.000 barriles diarios en 2020 y 556,5 mil barriles en 2030.

Hasta julio de 2010, existían en México, 41 proyectos de construcción de plantas para la producción de biocombustibles líquidos autorizados por la SAGARPA, de los cuales 21 corresponden a la obtención de etanol y 18 están destinados a la elaboración de biodiesel (véanse el cuadro I.2.3 y los anexos I.2.1 y I.2.2)[20].

Con la información disponible, correspondiente a 28 de los 41 proyectos, se estima que la capacidad de producción de bioetanol será de 2.565,3 millones de litros por año, mientras que en el caso del biodiesel se espera que ésta sea de 393,9 millones de litros por año. El Centro de Investigación en Energía de la UNAM determinó que la tasa media de crecimiento anual para la producción de bioetanol será del 30% (Islas, 2007). A partir de dichas estimaciones, se calculó que la producción de bioetanol en México será de

---

18 Un barril equivale a 42 galones o 159 litros de etanol.

19 En este rubro en el país se comercializan los siguientes productos: PEMEX diésel, es el producto destinado al uso automotriz; diésel industrial de bajo azufre, para el empleo en equipos de combustión a flama abierta; diésel marino y diésel agrícola. La principal diferencia entre ellos es el contenido de azufre.

20 Los dos proyectos restantes no definen el tipo de biocombustibles que planean producir, por lo que no se tomaron en cuenta en este trabajo.

aproximadamente 265 millones de litros en 2015, 1.000 millones de litros de bioetanol en 2020 y de cerca de 16.000 millones de litros en 2030.

Cuadro I.2.3
México: proyectos para producción de biocombustibles

Biocombustible	Tipo de biomasa	Número de proyectos	Producción estimada (millones de litros por año)
Bioetanol	Algas	1	945,0
	Caña de azúcar	8	822,3
	Sorgo dulce	5	648,3
	Maíz	2	148,0
	Café	1	1,5
	Yuca	1	0,2
	Cítricos	1	n/d
	No disponible	2	n/d
	Total	21	2 565,3
Biodiesel	*Jatropha*	9	233,0
	Palma de aceite	1	150,0
	Algas	1	8,2
	Salicornia bigelovii	1	2,5
	Aceites y grasas	2	0,2
	No disponible	4	n/d
	Total	**18**	393,9

Fuente: Elaboración propia sobre la base de información de la Comisión Intersecretarial de Biocombustibles.

Si bien México es un país exportador de petróleo crudo, cabe recordar que, por su baja capacidad de refinación, es un importador de gasolinas y otros productos petrolíferos. En el caso del bioetanol, tomando como base las proyecciones sobre el consumo y la producción, se estima que hasta 2020 será necesario importar, en promedio, 600 millones de litros de bioetanol por año para satisfacer la demanda interna. A partir de 2021, es posible que existan excedentes de bioetanol que podrían ser exportados. El bioetanol para exportación debería estar dirigido principalmente a los Estados Unidos, mercado en donde México cuenta con un buen posicionamiento, tanto en términos geográficos como comerciales, al ser miembro del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (GTZ/BID/SENER, 2006).

F. Conclusiones

La legislación y los programas públicos orientados a fomentar la producción, comercialización y uso del bioetanol y biodiesel como combustibles para el transporte representan un gran avance en las acciones encaminadas a diversificar la matriz energética, potenciar el desarrollo de la agroindustria y promover las energías renovables en México. No obstante, dado que se trata de instrumentos muy recientes, aún existen diferentes áreas de oportunidad a mejorar.

Los factores limitantes más importantes se encuentran en los diferentes instrumentos de política y las leyes vigentes. Resulta prioritaria una mayor claridad en las leyes y verificar la congruencia con sus respectivos reglamentos, sobre todo en lo relativo a la utilización del maíz para la producción de biocombustibles. Asimismo, se requiere elaborar un marco conceptual preciso en lo referente al uso de suelo. Específicamente, es de suma importancia la definición de términos como «tierras marginales» o «de abandono», con el objetivo de evitar interpretaciones de las leyes y sus reglamentos que permitan la

utilización de cualquier tipo de suelo para la producción de biocombustibles, con posibles externalidades ambientales negativas y/o efectos adversos en la seguridad alimentaria.

Aunado a lo anterior, es importante recalcar que la vigencia de los programas públicos mencionados termina en 2012. Por tanto, se corre el riesgo de que las prioridades cambien con cada administración pública, pues se plantean como una política de gobierno y no como una política de Estado. Ello va de acuerdo con lo que Jiménez (2010) resalta cuando habla de que en México no ha existido una política energética de largo plazo, sino que las soluciones y las decisiones han sido inmediatas, por falta de visión o porque han respondido a los intereses de ciertos grupos de poder.

El sector agrícola también enfrenta importantes desafíos. Uno de los aspectos más relevantes consiste en lograr una disminución en el costo de las materias primas. Por lo tanto, es necesario un plan de apoyo a la agricultura orientado al aumento de la productividad y a la mejora de la eficiencia en los procesos de producción de cultivos energéticos[21], que asegure el suministro de insumos y evite la postergación de metas, tal como ocurrió con la nueva versión del Programa de Producción Sostenible de Insumos para Bioenergéticos y de Desarrollo Científico y Tecnológico, así como el retraso en la licitación de PEMEX para la compra de bioetanol que originalmente estaba planeada para el primero de diciembre de 2009[22]. Ello requiere de inversiones en investigación y desarrollo tecnológico, así como recursos destinados al fortalecimiento institucional. En ese sentido, puede ser interesante dar mayor seguimiento al uso de algas en la producción de biocombustibles líquidos, pues tienen un gran potencial en el país. Los proyectos autorizados por SAGARPA para el uso de algas corresponden al 36,8% de la producción de bioetanol y al 8,2% de la producción de biodiesel, pero la información disponible sobre tecnología, investigación e innovación, y marco regulatorio en la materia es muy escasa.

Es necesario, además, considerar las inversiones necesarias para la introducción de biocombustibles líquidos en México. En primer lugar, se requiere invertir en infraestructura para instalar terminales de almacenamiento y distribución. Por otra parte, después de analizar las proyecciones de oferta y demanda, se debe considerar contar oportunamente con los recursos requeridos para las importaciones iniciales de bioetanol, necesarias para cumplir con los objetivos y metas establecidos en las leyes y políticas en la materia. Asimismo, se debe considerar trabajar en la creación de demanda de bioetanol a nivel nacional, pues a partir del 2023 existen excedentes significativos en la producción interna. Una posibilidad podría ser considerar la oxigenación de gasolinas en más ciudades del país, y no únicamente en las tres áreas metropolitanas donde el día de hoy la legislación mexicana así lo exige. También se pueden extraer lecciones importantes del caso del Brasil, en donde la producción de biocombustibles ha estado acompañada de políticas de promoción de mercado, exigiendo que la industria automotriz produzca motores que puedan utilizar dichos insumos.

Finalmente, es importante recordar que los combustibles líquidos no son la panacea para lograr la diversificación de la matriz energética en México. En la actualidad, es improbable que éstos sustituyan por completo a los combustibles fósiles, además de que existe un debate sobre los efectos ambientales del proceso de producción de biocombustibles, desde la siembra hasta su destilación. Los biocombustibles deben ser considerados como un componente más dentro de una estrategia energética integral, que tiene que ver con la modificación de los patrones de producción, consumo y dispendio de la energía.

---

21 En el proceso de producción de etanol a partir de caña de azúcar, por ejemplo, Brasil tiene una eficiencia del 48%, mientras que en México el promedio nacional es de 30% (Masera Ceratti, 2006: 26).

22 Pérez U., Matilde, “Descartan que los agrocombustibles amenacen la seguridad alimentaria” » en *La Jornada* [en línea], secc. política, México, 12 de enero de 2010. Véase <www.jornada.unam.mx/2010/01/12/index.php ?section=politica&article=008n2pol>. [consulta: 12 de enero de 2010].

G. Bibliografía

Becerra Pérez, Luis Armando (2009), «La industria del etanol en México», en *Economía*, Vol. 6, N° 16, UNAM, México, D.F., enero-abril, pp. 82-98.

Cavero, Teresa y Carlos Galián (2008), «Precios de doble filo. La crisis de precios de los alimentos: lecciones y 10 medidas para los países en desarrollo». *Informe 121*. Oxfam Internacional, octubre.

CEPAL (2009), *Balance preliminar de las economías de América Latina y el Caribe 2009* (LC/G.2424-P) [en línea], Santiago de Chile, diciembre <www.cepal.org/es/publicaciones/973-balance-preliminar-economias-america-latina-caribe-2009>.

_____ (2008), «Análisis de los mercados de materias primas agrícolas y de los precios de los alimentos», documento N° 4 del seminario *Crisis alimentaria y energética: oportunidades y desafíos para América Latina y el Caribe* [en línea], Santiago de Chile, agosto, <www.cepal.org/publicaciones/xml/9/33289/Doc_mercmatprimas2.pdf>.

CEPAL-FAO-IICA (2009), *Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe*, San José, Costa Rica, IICA.

Congreso de la Unión (2008), *Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos*, México, D.F., 1 de febrero.

_____ (2008a), *Ley para el aprovechamiento de energías renovables y el financiamiento de la transición energética*, México, D.F., 28 de noviembre.

Coviello, Manlio F. (coord.)(2006), *Fuentes renovables de energía en América Latina y el Caribe: dos años después de la conferencia de Bonn*, CEPAL-GTZ, Santiago de Chile, septiembre.

Dauvernge, Peter and Neville, Kate J. (2009), «The Changing North-South Political Economy of Biofuels», in *Third World Quarterly*, vol. 30, N° 6, United Kingdom, University of London, pp. 1087-1102.

Elías Ayub, Alfredo (2007), «Seguridad energética e industria eléctrica en México» en *Foreign Affairs en español*, Vol. 7, N° 3, México, D.F., julio-septiembre.

Enríquez Poy, Manuel (2005), *Producción de etanol anhidro en ingenios azucareros*, Senado de la República, México, D.F., octubre.

Furtado, André (2009), *Biocombustibles y comercio internacional: una perspectiva latinoamericana*, CEPAL-GTZ, Santiago de Chile, abril.

Galindo Paliza, Luis Miguel (2008), *Estudio sobre la instrumentación de medidas de eficiencia energética y uso de biocombustibles en el sector transporte y su impacto en la calidad del aire en* México, D.F., informe final, México, septiembre, UNAM-SEMARNAT-INE.

Islas Samperio, Jorge M. (2007), *Perspectivas del uso de la bioenergía en México*, Centro de Investigación en Energía, México, D.F., septiembre, UNAM.

Jiménez Domínguez Rolando V. (2010), *Energía, desarrollo y globalización: los dilemas de la soberanía*, México, D.F., Centro de Investigaciones Económicas, Administrativas y Sociales, Instituto Politécnico Nacional.

Laguna Monroy, Israel (209), *Consideraciones ambientales para la producción y uso sostenible de biocombustibles en México*, México, D.F., junio, SEMARNAT-INE.

Masera Ceratti, Omar (coord.) (2006), *Potenciales y viabilidad del uso de bioetanol y biodiésel para el transporte en México*, México, D.F., SENER-GTZ-BID.

PEMEX (2011), *Anuario estadístico 2010*, México, D.F.,enero.

_______ (2010), *Anuario estadístico 2009*, México, D.F., enero.

_______ (2010a), *Las reservas de hidrocarburos de México. Evaluación al 1 de enero de 2010*, México.

Presidencia de la República (2007), *Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012*, México.

Razo, Carlos y otros (2007), «Biocombustibles y su impacto potencial en la estructura agraria, precios y empleo en América Latina», CEPAL, *Serie Desarrollo Productivo* N° 178[en línea], Santiago de Chile, junio <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4573/1/S0700569_es.pdf>.

Rodríguez Martínez, Nicolás y José Antonio Rosas Jaramillo (2010), «Evolución de la calidad del diésel en México», *Nuestros productos*, México, D.F., Petróleos Mexicanos (PEMEX).

Ruiz Caro, Ariela (2007), «La seguridad energética de América Latina y el Caribe en el contexto mundial», CEPAL, *Serie recursos naturales e infraestructura*, N° 128, Santiago de Chile, noviembre.

SAGARPA (2009), *Programa de Producción Sostenible de Insumos para Bioenergéticos y de Desarrollo Científico y Tecnológico 2009-2012*, México, D.F., octubre.

_____ (2007), *Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2007-2012*, México.

_____ (2007a), *Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario y Pesquero 2007-2012*, México.

SENER (2010), *Prospectiva de Petrolíferos 2010-2025*, México.

_____ (2009), *Balance Nacional de Energía 2008*, México.

_____ (2009a), *Reglamento de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética*, México,18 de junio.

Soto-Baquero, Fernando (2009), «Impactos de la crisis en el financiamiento agropecuario», FAO, ponencia presentada en el *Seminario Internacional «Crisis financiera y financiamiento agropecuario y rural en América Latina»*, Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile, 21 de octubre.

Zamarripa Colmenero, Alfredo (2009), *Situación actual de los biocombustibles en México*, Red de Investigación e Innovación en Bioenergéticos; ponencia presentada en la primera reunión de la Red Mesoamericana de Investigación y Desarrollo en Biocombustibles, Tuxtla Gutiérrez, México, D.F., 24 de agosto.

Hemerografía

● Diario Oficial de la Federación, México [en línea], <www.dof.gob.mx/>.
● El Financiero, México [en línea], <www.elfinanciero.com.mx/>.
● La Jornada, México [en línea], <www.jornada.unam.mx/>
● La Jornada del Campo [en línea], <www.jornada.unam.mx/2017/02/18/delcampo.html>.

Artículo I.3 Política de biocombustibles en México: ¿diversificación energética, reducción de emisiones o reducción de la pobreza?

Alejandra Elizondo

A. El cambio climático y los biocombustibles

El cambio climático es quizá la mayor preocupación en temas ambientales de los últimos años. La emisión de gases efecto invernadero (GEI) más allá de la capacidad de captura de la biosfera, ha provocado un aumento en la concentración de estos gases, intensificando el proceso natural definido como «efecto invernadero» (CICC, 2007).

Al igual que un gran número de países, México entra al siglo XXI con el tema de cambio climático como parte de su agenda institucional, y ratifica el Protocolo de Kioto en 2000. El país es un generador importante de GEI a nivel mundial: en 2000 generó el 1,5% de las emisiones globales, colocándose en el décimo tercer contribuyente a nivel mundial (CICC, 2007). Las contribuciones históricas colocan a México en el lugar 15-16, entre los mayores emisores de estos gases en el mundo.

Junto con la ratificación del Protocolo de Kioto se discutieron en la academia, el gobierno e instituciones de la sociedad civil, políticas ambientales para contribuir a la estrategia nacional de cambio climático. Entre las propuestas, se definió el diseño de una política pública de biocombustibles, como parte de la estrategia de contención de emisiones de GEI. El Gobierno de México anunció la intención de participar en el mercado de los biocombustibles a través de la producción y comercialización de etanol y biodiésel, utilizados como complementos a la gasolina y el diésel, respectivamente.

El tema de biocombustibles ha sido promovido por gobiernos de distintos países, de los que sobresalen el Brasil y los Estados Unidos, tanto por el apoyo gubernamental como por su participación en la producción mundial. En un principio se pensó en los biocombustibles como una solución limpia al problema de la energía, ya que con materia orgánica se lograría sustituir combustibles «sucios», como aquellos provenientes del petróleo. Además, ayudaría al desarrollo del campo y la mejora en la calidad de vida de habitantes de zonas rurales.

Sin embargo, la experiencia en la producción y el uso de biocombustibles ha dejado al descubierto efectos colaterales. Entre los efectos ambientales y económicos discutidos en la actualidad están el incremento en los precios de los alimentos, el cambio de uso de suelo, así como efectos en el agua y el aire.

Incremento en precios de los alimentos. Conforme aumentan los precios del petróleo se hace más conveniente sustituir áreas de cultivo para la alimentación por cultivos para la producción de biocombustibles. La producción de agro combustibles, como llaman los críticos a la producción de combustibles con base en cultivos agrícolas, contribuyó al incremento en precios de los alimentos en años recientes. Las estimaciones sobre esta contribución varían enormemente, pero puede llegar a ser significativa (Runge y Senauer, 2007, Magdoff y Tokar, 2009). Por ejemplo, a fines de 2006, México experimentó un incremento en el precio de la tortilla, debido al aumento en precios del maíz en los

Estados Unidos de 2,80 a 4,20 dólares por medida (*bushel*)[24]. En un país con alrededor de la mitad de la población viviendo en la pobreza y que depende de la tortilla como fuente de calorías, la respuesta de la población no se hizo esperar.

Lo cierto es que la producción de etanol y biodiésel provoca incrementos en el precio de productos agrícolas para la alimentación por dos vías: el desvío de productos agrícolas para la producción de energía, y el cambio de uso de la tierra a cultivos que, por ser útiles para los biocombustibles, generan más ganancias. Este último hace que el efecto se pueda extender al precio de productos ganaderos: res, cerdo, aves, huevos y leche, ya que utilizan granos como insumos. Los precios de estos bienes en los países de la OECD se han visto afectados a raíz de la expansión de los biocombustibles. En los Estados Unidos, por ejemplo, el índice de precios al consumidor para el rubro de alimentos sufrió en 2007 el mayor incremento anual desde 1990. Empresas de alimentos procesados pagaron primas para que sus proveedores no cambiaran sus tierras a la producción de maíz, lo que se traduce a su vez en mayores precios (Runge y Jonson, 2008).

Cambio en uso de suelo. La tecnología de los biocombustibles es intensiva en tierra El cambio de uso de suelo para dedicarlo a la producción de cultivos para los biocombustibles también ha provocado efectos ambientales negativos. Malasia e Indonesia son ejemplo de ello, al impulsar la producción de etanol y biodiésel, e incrementar la tala de terrenos para dar lugar a plantaciones de palma para biodiésel. La quema de bosque tropical para plantar palma ha movido a Indonesia al tercer lugar en emisión de carbono (Runge y Jonson, 2008). Aun cuando el ciclo de vida de los biocombustibles genere menores emisiones que el de la gasolina, el resultado al incorporar estas acciones puede resultar en un incremento en el nivel de emisiones de gases efecto invernadero, debido al cambio de uso de suelo.

Efectos en aire y agua. Algunos cultivos para biocombustibles requieren grandes cantidades de agua, elevan las cantidades de herbicidas e insecticidas y pueden incrementar la contaminación del agua. Además, aun cuando el etanol disminuye la cantidad de emisiones de bióxido de carbono a la atmósfera cuando sustituye a la gasolina en el automóvil, incrementa el nivel de otros contaminantes a la atmósfera que pueden repercutir en problemas relacionados con el ozono y el smog (Magdoff, 2008, Scharlemann y Laurance, 2008)

B. Posición de México con los biocombustibles

Las autoridades mexicanas hicieron público el interés de reducir voluntariamente sus emisiones en 50% al 2050 con relación a las emitidas en 2000 (Galindo 2009). Una de las estrategias consideradas para lograrlo es la producción y uso de biocombustibles como complemento a la gasolina. La Estrategia Nacional de Cambio Climático reconoce a los biocombustibles como uno de para reducir los GEI, pero reconoce también la necesidad de estudios para garantizar los beneficios potenciales.

El 1 de febrero de 2008 se publicó la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos. La ley declaró como su objetivo «la promoción y desarrollo de los bioenergéticos con el fin de coadyuvar a la **diversificación energética** y el **desarrollo sostenible** como condiciones que permiten garantizar el **apoyo al campo** mexicano» (DOF, 2008). Los objetivos ambiental y energético actúan, de acuerdo con la ley, como medios para apoyar el desarrollo rural.

---

24 El precio del maíz se incrementó pues a pesar de que la tortilla se hace con maíz blanco, el aumento en el precio del maíz amarillo utilizado para alimentos procesados y como alimento para animales hizo que productores sustituyeran maíz amarillo por maíz blanco, presionando el precio de este último a la alza.

La existencia de tres objetivos principales en la ley hace pensar que cada instrumento de política que se elija apuntará al cumplimiento de metas ambientales, energéticas y todo esto encaminado a alcanzar la existencia de un campo próspero. Esto es preocupante, aun antes de considerar los riesgos mencionados, ya que un principio básico de política pública es que cada instrumento de política debe apuntar a un solo objetivo. La definición de una política pública requiere la existencia de un problema o situación que se quiera modificar, mientras que la política pública en relación a los biocombustibles queda ahora como una respuesta a tres problemas de manera simultánea: la emisión de GEI, la necesidad de diversificar fuentes de energía y sobre todo, el deseo de reavivar el campo mexicano. Además, lo que en un principio se pensó como una solución al cambio climático a través de la diversificación energética, queda definido en la ley principalmente como una solución al bajo nivel de desarrollo en el campo.

Por si fuera poco pedir, los objetivos particulares incorporan la promoción de la producción de insumos y la reactivación del sector rural, con más empleo para elevar la calidad de vida. Además, la política pretende favorecer a comunidades de alta y muy alta marginalidad, apoyando la creación de empresas rurales y el apoyo presupuestal para proyectos en los que participen los productores de insumos para la producción de bioenergéticos.

Para lograr los objetivos, el gobierno delineó las siguientes metas para la política de biocombustibles: definición de criterios de sostenibilidad para 2010, reconversión de 300,000 ha a cultivos para insumos destinados a biocombustibles entre 2008 y 2012, y la adecuación de infraestructura para introducir etanol en las gasolinas de la ciudad de Guadalajara, entre 2009 y 2012 (Poder Ejecutivo Federal, 2009). La reconversión de cultivos antes de fijar criterios de sostenibilidad hace posible que una vez que haya cultivos listos e incluso infraestructura adecuada, se descubra que la producción de biocombustibles no sea una opción deseable para el país. Por ello, es importante que antes de echar a andar esta actividad con apoyos gubernamentales, se identifique al menos en términos generales si la política de biocombustibles cuenta con los elementos básicos para el logro de los objetivos.

C. Análisis de la política de biocombustibles

En el presente trabajo se toma el ejemplo del etanol con base en cultivos de maíz y de caña de azúcar, ya que han sido casos discutidos en el país y de los cuales se cuenta con información en emisiones y rendimiento energético. Las tecnologías utilizadas para sembrar y cosechar los cultivos (uso de fertilizantes, pesticidas y combustibles), y el procesamiento hacia la conversión a biocombustibles (procesos químicos, transporte y distribución), permiten una comparación más adecuada de los biocombustibles con la gasolina.

Como la emisión de GEI y la generación de energía dependen de la tecnología utilizada, se generaron tres escenarios para cada cultivo: un caso de alta productividad, el caso promedio y el caso de cultivo tradicional. Cada uno de estos casos está definido por un uso distinto de químicos, combustibles y fertilizantes, y ha sido representado por un estado de la República Mexicana. La información del análisis ambiental y energético se obtuvo de un trabajo publicado por el Instituto Nacional de Ecología sobre la necesidad de certificar la producción y el uso de biocombustibles (INE, 2008).

Maíz. México cuenta con una amplia gama de tecnologías de producción para la elaboración de maíz. Las zonas de alta productividad como Sinaloa tienen una productividad de casi 9 ton/ha de maíz, y representa alrededor del 5% de la superficie cosechada en el país[25]. La mayor parte de la superficie con cultivos de maíz (85%) produce 3 ton/ha, como el estado de Tlaxcala. Finalmente, el cultivo tradicional se

25 Los datos fueron extraídos del documento de referencia y tienen como fuente de información a la SAGARPA, ya sea a través de información publicada o datos requeridos por quienes desarrollaron el trabajo.

lleva el 10% restante de la superficie cosechada y produce alrededor de dos toneladas/ha, reflejado en el caso de Oaxaca. Cada zona adopta una tecnología distinta y por tanto utilizan de manera diferente equipo, fertilizantes e insecticidas.

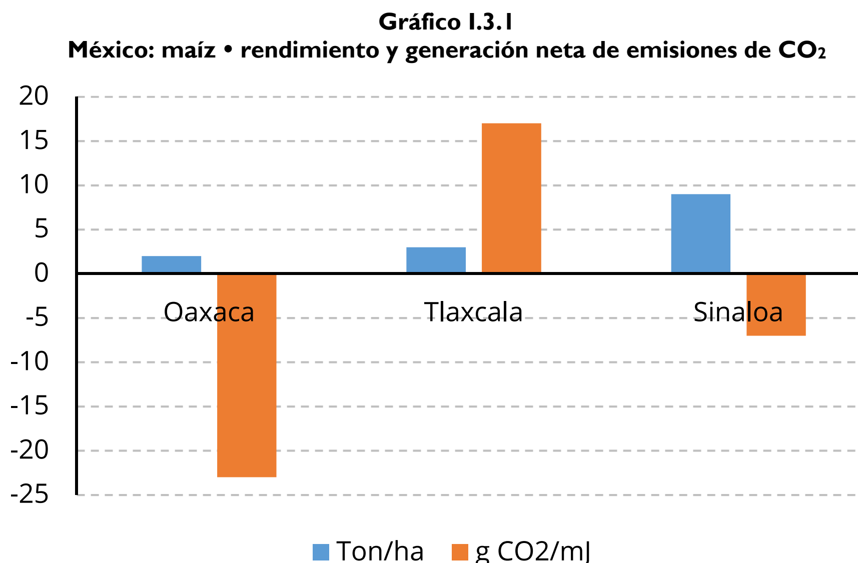
Caña de azúcar. Para el caso del azúcar, también se cuenta con tres escenarios. El caso de alta productividad también está representado por Sinaloa con un rendimiento de 97 ton/ha (2,5% del área cosechada de caña). Le sigue el caso de Veracruz, que esta vez toma el papel de cultivo tradicional y genera 76 ton/ha (27% de la superficie). Para el caso de la caña de azúcar, el cultivo tradicional y el promedio nacional observan la misma productividad. Este último representado por la tecnología de Colima, y representa el 70,5% restante de la superficie.

D. Objetivos ambientales

De acuerdo con la tecnología utilizada en la producción de insumos, un mismo cultivo puede resultar en un biocombustible con ahorro o desahorro neto en emisiones. En ese sentido, las emisiones de GEI no sólo se deben comparar entre cultivos y con relación a las emisiones generadas por la gasolina, sino también entre tecnologías.

Maíz. El mayor ahorro en emisiones (representado en el gráfico I.3.1 como la generación neta de CO_2 con relación a la cantidad de gasolina que genera la misma cantidad de energía)[26] se da con el maíz cultivado de modo tradicional (Oaxaca), es decir, el de bajo rendimiento. La mayor parte de la superficie de maíz, representada en el caso de Tlaxcala, no ahorra, sino que genera más emisiones que la gasolina, comparando los ciclos de vida. Finalmente, el cultivo de maíz con alta tecnología (Sinaloa) genera un ahorro más modesto con relación al cultivo tradicional.

Gráfico I.3.1
México: maíz • rendimiento y generación neta de emisiones de CO_2

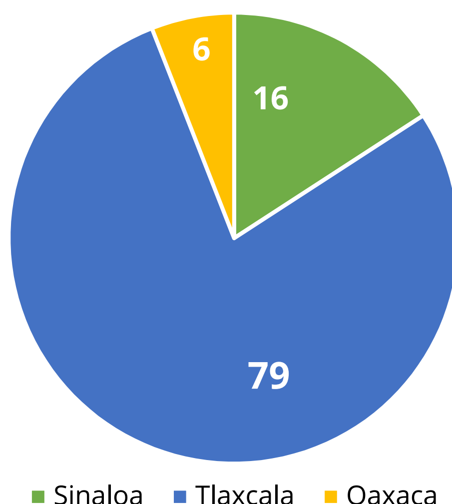


Fuente: Elaboración propia con datos del INE, 2008.

[26] La evaluación ambiental toma en cuenta como combustible de referencia a la gasolina, con 94 g CO_2/MJ.

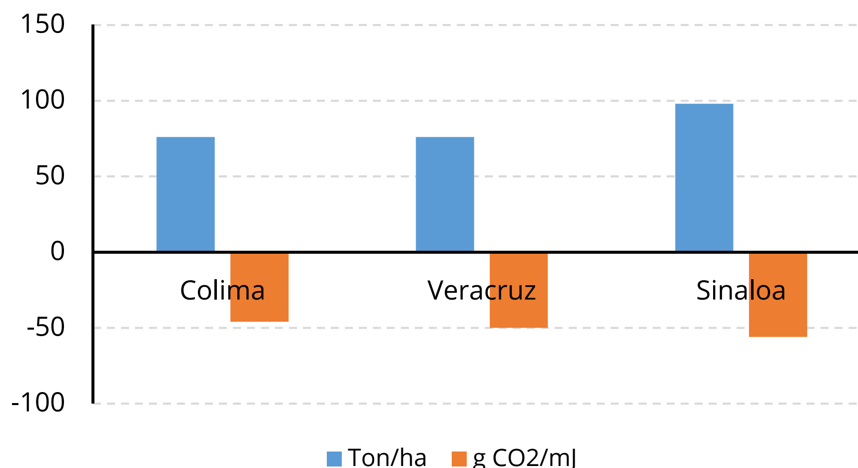
Si nos concentramos en el objetivo ambiental, solamente se producirá etanol con base en maíz en casos de cultivos tradicionales (Oaxaca) y de alta productividad (Sinaloa). El problema es que si se excluye de la producción de etanol a los lugares en donde se observa la productividad media nacional (3 ton/ha), representada por el caso Tlaxcala, estaríamos dejando fuera casi el 80% de la producción de maíz en el país (véase el gráfico I.3.2). Si se incluyen áreas con tecnologías y rendimientos similares al promedio nacional, se estará violando el objetivo de reducir las emisiones de CO_2 a la atmósfera. Además, los cultivos tradicionales de maíz se encuentran repartidos en el país, con pequeños terrenos independientes con niveles de producción muy bajos.

Gráfico I.3.2
México: producción nacional de maíz acuerdo con el caso representativo
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia con datos del INE, 2008.

Gráfico I.3.3
México: caña de azúcar • rendimiento y generación neta de emisiones de CO_2

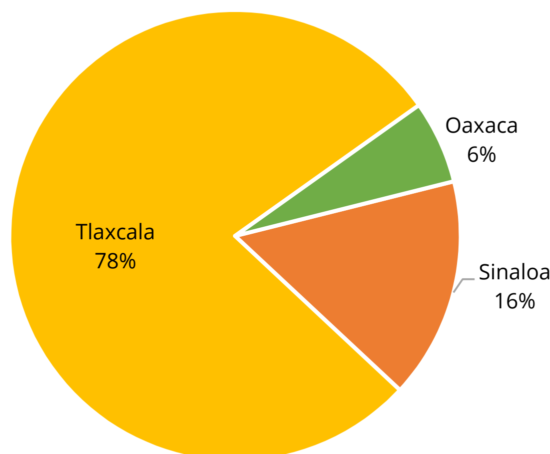


Fuente: Elaboración propia con datos del INE, 2008.

Caña de azúcar. Si se utiliza caña de azúcar como insumo para la producción de bioenergéticos, se obtienen ahorros en emisiones de CO_2 con todas las tecnologías consideradas. Además, el ahorro neto en emisiones por unidad de energía producida es mucho mayor si se toma a la caña de azúcar para producir etanol, que si se produce en base al maíz.

Los objetivos ambientales de reducción de emisiones con relación a la gasolina favorecerían a la caña de azúcar en cualquiera de las regiones donde se cultiva. El orden de preferencia está inversamente relacionado con la cantidad producida. Sinaloa es el caso que más reducciones obtiene; no obstante, estaríamos hablando del 3% de la producción de caña del país (véase el gráfico I.3.4). En segundo lugar, Veracruz, que representa el 27% de la producción, quedando como última opción de ahorro Colima, con el 70% restante de las toneladas producidas de caña de azúcar.

Gráfico I.3.4
México: producción nacional de caña de azúcar de acuerdo con un caso representativo
(En porcentajes)



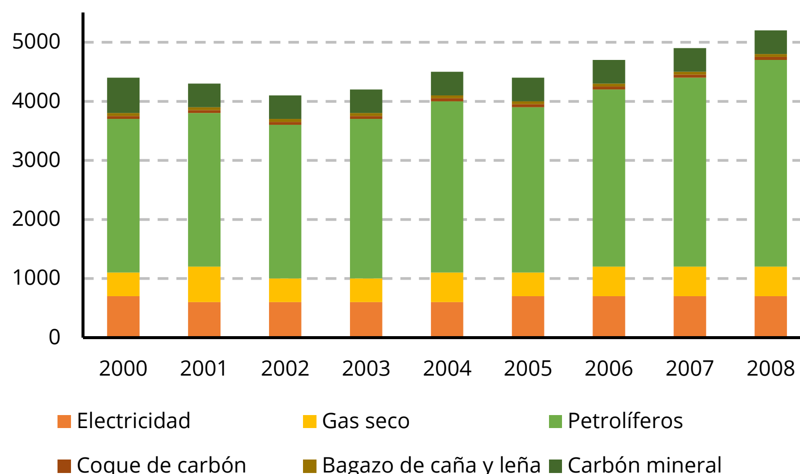
Fuente: Elaboración propia con datos del INE, 2008.

En resumen, si la política de biocombustibles favorece el objetivo de reducir las emisiones de CO2 a la atmósfera, se promoverá el uso de caña de azúcar para su producción. Además, en caso de adoptar maíz como insumo en el proceso productivo, habrá que hacerlo con cautela, pues los efectos de actuar pueden resultar contraproducentes, y generar un mayor nivel de emisiones que el observado sin política.

E. Objetivos energéticos

La dependencia del petróleo como fuente de energía aunado a la caída en las reservas probadas sientan las bases para considerar otras alternativas. Tanto el consumo de energía y la participación de los petrolíferos en el consumo total del país han crecido en el tiempo (véase el gráfico I.3.5). Por ejemplo, en 2000 el 63% de la energía consumida provenía de petrolíferos; para el 2008 su contribución fue del 67%.

Gráfico I.3.5
México: consumo final total de energía por fuentes, 2000-2008
(En petajoules)



Fuente: SENER, «Estadísticas Destacadas del Sector Energético», versión electrónica [en línea], <www.sener.gob.mx/portal/estadisticas_destacadas_del_sector_energetico.htmlAlternativas> [fecha de consulta: 7 de diciembre de 2010].

La mayor parte de la energía consumida en el país se dedica al transporte, y este sector demanda cada vez más energía. Entre 2000 y 2008 el transporte pasó de consumir el 43% de la energía a consumir la mitad (véase el gráfico I.3.6). Nuevas fuentes de energía dirigidas al transporte parecerían ayudar a aliviar el problema; no obstante, es necesario analizar las ganancias en energía que se pueden obtener de los biocombustibles, antes de apostar por la política con un objetivo energético.

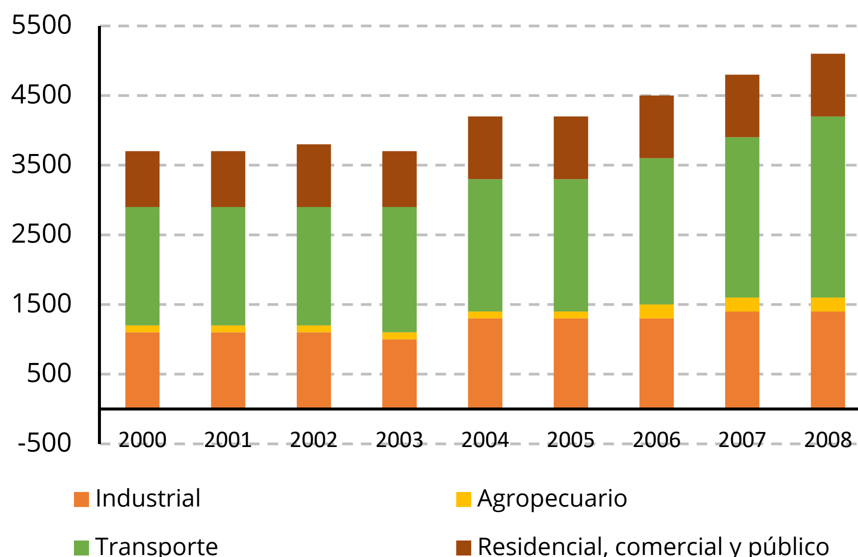
El proceso de producción de biocombustibles consume energía, por tanto, hay que comparar el consumo de energía para la producción y distribución de biocombustibles con la energía obtenida con el etanol resultante. Además, si en el proceso se generan coproductos[27], deberán ser considerados en el balance energético.

Maíz. Al promover la producción de biocombustibles en las zonas promedio y tradicionales de cultivo de maíz, el país sale perdiendo, pues gastará más energía de la que será capaz de producir por este medio (véase el gráfico I.3.7). Al poner a prueba los tres casos mencionados, Sinaloa es la única opción que resta. Sin embargo, la ganancia en energía aún en el caso de Sinaloa es limitada. El 84% de la producción de maíz en el país, cultivada en zonas promedio o tradicionales, ya no serían opciones para el cultivo de biocombustibles.

---

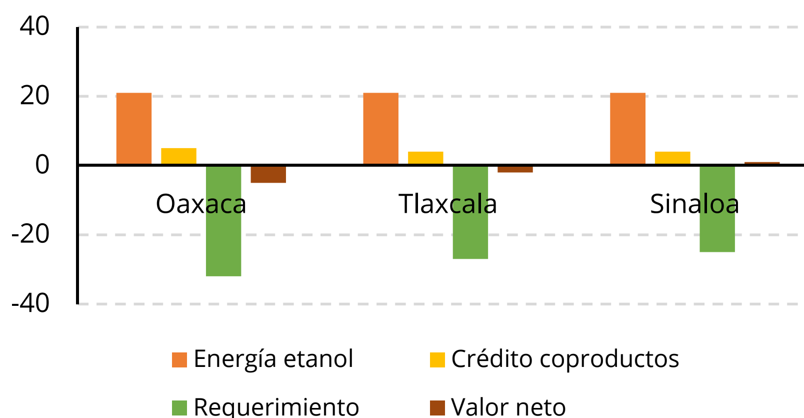
27 Créditos adicionales a la aportación de energía del etanol, ya que generan energía como el bagazo de la caña y restos del maíz utilizados como base alimentaría.

Gráfico I.3.6
México: consumo final total de energía por sector, 2000-2008
(En petajoules)



Fuente: SENER, «Estadísticas Destacadas del Sector Energético» [en línea], <www.sener.gob.mx/portal/estadisticas_destacadas_del_sector_energetico.html/Alternativas> [fecha de consulta: 7 de diciembre de 2010].

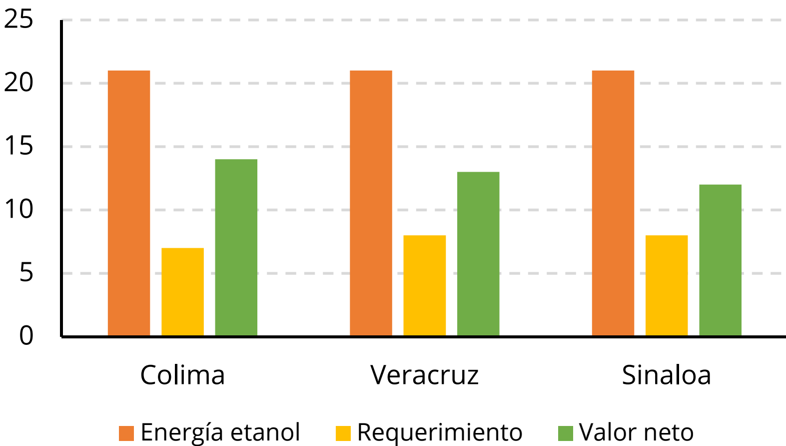
Gráfico I.3.7
México: maíz • análisis energético
(MJ/l)



Fuente: Elaboración propia con datos del INE, 2008.

Caña de azúcar. El análisis energético de la caña muestra un panorama distinto. Todos los escenarios, el promedio (Colima), el tradicional (Veracruz) y el de alta productividad (Sinaloa) muestran valores positivos en el balance neto de energía (véase el gráfico I.3.8). Además, el caso promedio es el que genera una mayor aportación de energía (14 MJ/l), seguido de cerca por los otros dos casos (13 MJ/l). Así, toda el área cultivada de caña de azúcar estaría en posición de ser utilizada para la producción de biocombustibles.

Gráfico I.3.8
México: caña de azúcar • análisis energético
(MJ / l)



Fuente: Elaboración propia con datos del INE, 2008.

Con esta información se realizó un ejercicio para identificar la capacidad de diversificación energética que tiene México con la producción de etanol producido a base de maíz y caña de azúcar. Si se dedicara toda la producción de maíz de alta productividad y toda la producción de caña de azúcar del país a la generación de biocombustibles, sin dejar nada para el consumo humano u otros usos, se destinarían 4.000 millones de toneladas de maíz y 71.000 millones de toneladas de caña para su producción (véase el cuadro I.3.1). Tomando en cuenta la energía generada en cada uno de los casos, se obtendrían 7 millones de litros de etanol en un año. Esta cantidad equivale a 81 petajoules generados por esta fuente.

Cuadro I.3.1
Estados seleccionados (México): utilización hipotética de toda el área disponible para los biocombustibles (aquellos que cumplen con generación neta de energía positiva)

	Producción	Proporción utilizable para biocombustibles	Energía generada	Etanol obtenido	Valor energético total
	(miles ton)	(%)	(MJ/l)	(miles de litros)	Escenario bajo (MJ)
			Maíz		
Oaxaca	1 592	0	–5,66	0	0
Tlaxcala	21 893	0	–2	0	0
Sinaloa	4 398	100	1,2	1 759 368	2 111 241 600
			Caña de azúcar		
Colima	50 060	100	14,03	4 004 820	56 187 629 090
Veracruz	18 941	100	1,33	1 515 301	20 198 966 062
Sinaloa	2 289	100	12,95	183 102	2 371 177 116
Total MJ				7 462 592	80 869 013 868
Total PJ					80,87

Fuente: Elaboración propia.

El resultado de este ejercicio nos dice que si se dedica toda la caña y una parte del maíz a la producción de biocombustibles se podría generar 1,7% de la energía requerida en el país, de acuerdo con las cifras de consumo de energía observadas en los gráficos 6 y 7. Esta cifra es la máxima cantidad de energía que se podría obtener de etanol, con las condiciones actuales de producción, dedicando toda el área cultivada para los dos insumos, y tomando en cuenta que puedan generar energía. Queda en duda si esta aportación cumple con el objetivo de diversificar las fuentes de energía para el país, pues sí está contribuyendo, pero la proporción es muy reducida a costa de toda la caña de azúcar y parte del maíz.

F. Objetivos de desarrollo rural

Ha quedado al último el objetivo agrícola, si bien reconociendo que la ley lo considera como el objetivo principal. La ley propone fortalecer al sector rural, sobre todo en áreas de marginación y muy alta marginación. De acuerdo con las estimaciones de CONAPO, estas áreas corresponderían a los estados de Guerrero, Chiapas, Oaxaca y Veracruz, en ese orden. Para este punto del análisis y tomando en cuenta que al menos se tendrán que cubrir los requisitos mínimos de no generar más emisiones de CO_2 y no requerir para su producción más energía de la que se genera, queda básicamente la opción de la caña de azúcar.

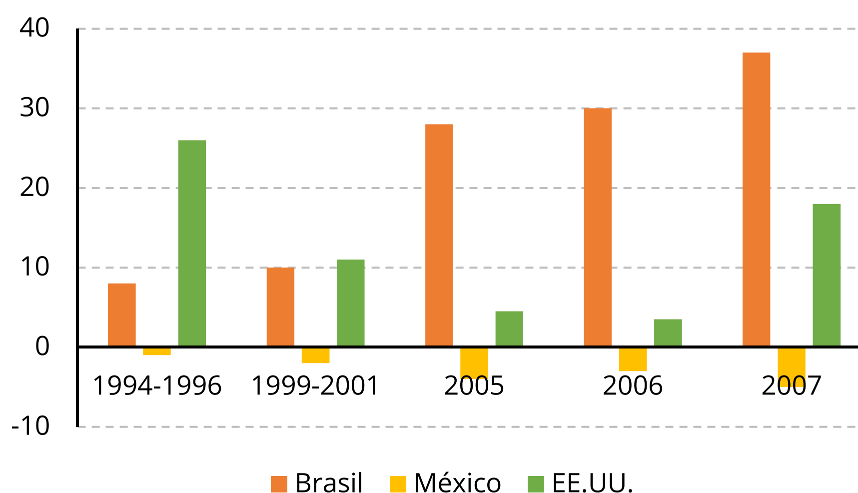
Las áreas de alta productividad en el cultivo de maíz no serían sujetas de elección, ya que las zonas marginadas no son áreas de alta productividad. Esto mismo podría suceder con la caña de azúcar de alta y media productividad. Además, la integración del requisito de zonas marginadas supone un problema mayor, ya que es común que se traten de zonas de difícil acceso, sin carreteras ni otro medio que las comunique fácilmente con el resto de la población. Así, resulta difícil pensar en la producción de insumo suficiente para alimentar una planta de biocombustibles con los cultivos localizados en zonas rurales marginadas.

Dentro de los objetivos de la ley también se establece que se promoverá la actividad «sin poner el riesgo la seguridad y la soberanía alimentaria». Aun cuando pueda resultar objetable buscar soberanía alimentaria, se revisa a continuación la situación actual de los cultivos, para identificar la disponibilidad de recursos.

Los principales productores de etanol, el Brasil y los Estados Unidos, son superavitarios en producción agrícola. En contraste, México ha sido deficitario en el comercio de productos agrícolas, al menos desde 1994 (véase el gráfico I.3.9). Por tanto, si se toma la palabra de la ley y no se pone en riesgo la seguridad alimentaria, habría que dejar fuera el proyecto de los biocombustibles.

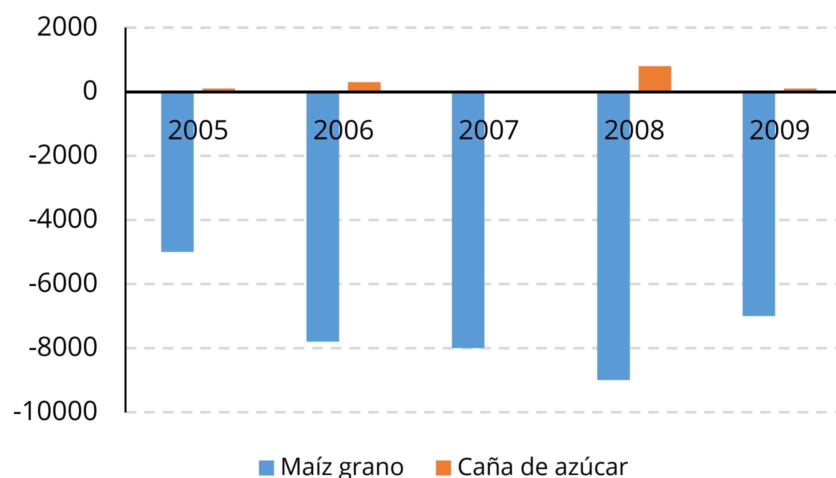
Situación por cultivo, la balanza comercial del maíz es deficitaria (véase el gráfico I.3.10). México importa entre 6.000 y 9.000 millones de toneladas de maíz cada año, mientras que sus exportaciones se encuentran entre 50 y 250 millones de toneladas. Por tanto, el maíz no cumple con la condición de soberanía alimentaria, si se considera de manera aislada. El azúcar sí muestra, por lo general, autosuficiencia y genera superávits que se exportan. Sin embargo, verlo de manera aislada omite la posibilidad de utilizar esas tierras para otros cultivos y así acercarse más a una soberanía alimentaria.

Gráfico I.3.9
Brasil, Estados Unidos, México: comercio agrícola neto
1994-1996, 1999-2001, 2005, 2006, 2007
(En miles de millones de dólares)



Fuente: FAO, Statistical Yearbook, 2009.

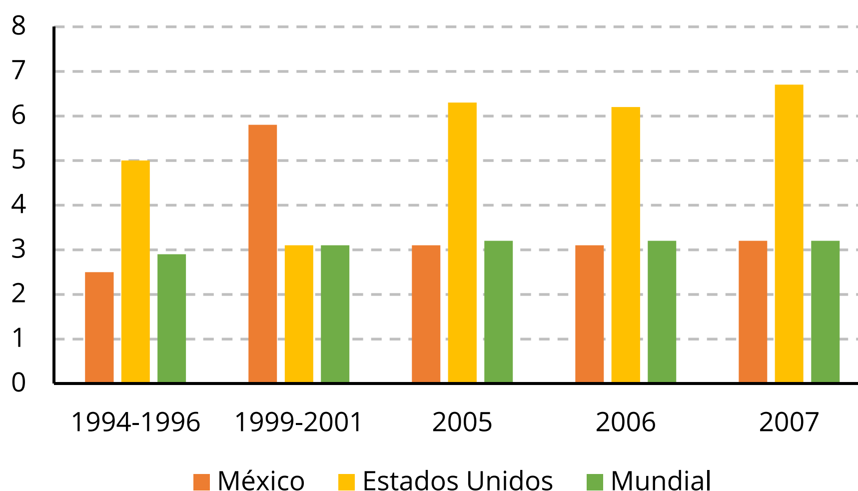
Gráfico I.3.10
México: balanza comercial de maíz y azúcar
(En millones de toneladas)



Fuente: SAGARPA, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (fecha de consulta: 6 de diciembre de 2010).

El rendimiento promedio de México se ha incrementado los últimos años, y ronda las tres toneladas por hectárea, cifra similar al rendimiento promedio mundial en cereales (véase el gráfico I.3.11). Pero si nos comparamos con el líder de etanol producido con maíz, se observa una desventaja significativa. El rendimiento promedio en el cultivo de cereales de los Estados Unidos también ha crecido en el tiempo y es de casi siete toneladas por hectárea.

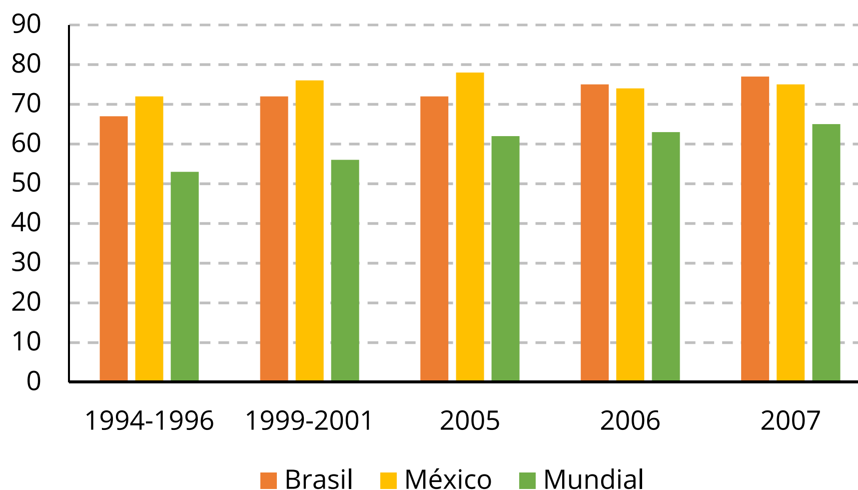
Gráfico I.3.11
Mundo, los Estados Unidos y México: rendimiento promedio de cereales
1994-1996, 1999-2001, 2005-2007
(Ton/ha)



Fuente: FAO, *Statistical Yearbook*, 2009.

Si se compara el rendimiento de caña de azúcar en México y el Brasil, que es el país líder de etanol con caña de azúcar, los resultados son similares (véase el gráfico I.3.12). Ambos muestran rendimientos por encima de la media mundial, que están entre 70 y 80 toneladas por hectárea. En los casos analizados para México, la menor productividad era de 75 toneladas por hectárea, y la máxima alcanzaba las 97 toneladas. La media mundial está alrededor de 60 toneladas.

Gráfico I.3.12
Mundo, Brasil y México: rendimiento de la caña de azúcar
1994-1996, 1999-2001, 2005-2007
(ton/ha)



Fuente: FAO, *Statistical Yearbook*, 2009.

En el tema agrícola quedan muchas interrogantes. La relación con áreas marginadas, la existencia de vías de comunicación y el costo asociado al transporte, el cambio de uso de suelo derivado de nuevos subsidios que modifican los incentivos de los productores hacia la agricultura, entre otros. Sin embargo, se puede establecer que el maíz no parece una buena opción para el desarrollo de biocombustibles, ya que el país muestra rendimientos bajos con relación al productor de etanol, y además en la actualidad somos importadores netos de ese grano. El azúcar, en cambio, sería el cultivo que se puede aprovechar en caso de desarrollo de un mercado de etanol.

G. Conclusiones

Aun cuando quedan muchas interrogantes en la producción de etanol en México, es claro que con las condiciones actuales el maíz no representa una opción viable de insumo para este biocombustible. Los objetivos ambientales no se cumplen en el 80% de la producción de maíz en el país, ya que, en lugar de ahorrar emisiones al sustituir la gasolina por etanol, se generaría una mayor cantidad de CO_2. La diversificación energética tampoco lo hace viable; en la mayor parte de los casos el maíz no es capaz de generar más energía de la que se consume para su producción. Finalmente, en cuanto a los objetivos agrícolas, el maíz presenta rendimientos muy inferiores a los registrados por los Estados Unidos, además de que somos deficitarios en su producción.

La caña de azúcar representa una alternativa más viable para la producción de etanol. Su utilización como insumo sí ahorra emisiones con relación a la gasolina y también representa una fuente de energía. El cultivo de caña tiene un rendimiento superior a la media mundial. Sin embargo, las condiciones actuales del cultivo hacen que su capacidad de ser una fuente de diversificación energética a través de la producción de etanol sea limitada (alrededor del 1% del requerimiento nacional de energía).

También sería importante considerar otras opciones de política para disminuir las emisiones. Los impuestos ambientales son una opción menos distorsionante, pues se está internalizando una externalidad negativa que es la contaminación. La racionalidad económica de un apoyo a los biocombustibles es más dudosa pues se está premiando una actividad productiva por generar menos contaminantes que las opciones alternas, pero, aun así, contaminar. Entre las opciones de política estarían: poner impuestos a la emisión de carbono, impuestos a la gasolina y reducción de subsidios a la energía.

Finalmente, la instrumentación de una política de biocombustibles en México tendría que dejar claro cuál es el objetivo principal de cada instrumento elegido, y de acuerdo con ello establecer metas cuantificables. Así, se podrá definir si la política de biocombustibles en México es una política ambiental, energética o de reducción de la pobreza en el campo.

H. Bibliografía

CICC (2007), *Estrategia Nacional de Cambio Climático*. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, México, D.F., SEMARNAT.

CONAPO (2005), *Índices de marginación 2005*, versión electrónica (revisada el 8 de diciembre de 2010).

DOF (2008), «Ley de Promoción y Desarrollo de Bioenergéticos». Diario Oficial de la Federación, 1 de febrero de 2008.

FAO (2008), *The State of Food and Agriculture. Biofuels: prospects, risks and opportunities*. United Nations, Rome.

FAO (2009), FAO Statistical Yearbook.

Galindo, Luis Miguel, coordinador (2009), «La Economía del Cambio Climático, Síntesis», México, D.F., SEMARNAT.

INE (2008), *Propuesta de Certificación como Instrumento para Regular la Producción y Uso de Biocombustibles en México,* Dirección de Economía Ambiental, Instituto Nacional de Ecología, México. D.F.

Magdoff, Fred y Brian Tokar (2009), «Agriculture and Food in Crisis. an Overview», *Monthly Review*, July-August.

Magdoff, Fred (2008), «The Political Economy and Ecology of Biofuels», *Monthly Review* 60, N° 3, julio-agosto.

Naciones Unidas (1998), «Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático», FCCC/INFORMAL/83.

________ (1992), *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* [en línea] <unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>.

Poder Ejecutivo Federal (2009), *Programa Especial para Cambio Climático 2008-2012*, 19 de marzo.

Runge, C. Ford y Benjamin Senauer (2007), «How biofuels could starve the poor», *Foreign Affairs*, May-June, Vol. 86, Issue N° 3, pp. 41-53, 13 p.

Runge, C. Ford y Robbin S. Johnson (2008), «The browning of biofuels: Environment and food security at risk». Woodrow Wilson International Center for Scholars, Science, Technology America and the Global Economy, May 15.

SAGARPA (2010), Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (fecha de consulta: 6 de diciembre de 2010).

Scharlemann, JPW y WF Laurance (2008), «How Green are Biofuels?», *Science* N° 319.

SENER (2010), «Estadísticas destacadas del Sector Energético» [en línea], <www.sener.gob.mx/portal/estadisticas_destacadas_del_sector_energetico.htmlAlternativas> [fecha de consulta: 7 de diciembre de 2010].

Tudela, Fernando (2004), «México y la participación de países en desarrollo en el régimen climático», en Martínez, Julia y Adrián Fernández (compiladores), *Cambio Climático: una visión desde México* [en línea], México, D.F., Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología <www.data.sedema.cdmx.gob.mx/cambioclimaticocdmx/images/biblioteca_cc/Cambio-climatico-una-vision-desde-Mexico-(Julia-Martinez-y-Adrian-Fernandez-Bremauntz-compilado.pdf>.



Módulo 2

Uso eficiente de la energía

Artículo II.1
Demanda y eficiencia energéticas

Julio F. Mata Segreda
Escuela de Química y Programa Institucional en
Fuentes Alternativas de Energía • Universidad de Costa Rica

A. Introducción

Las universidades estatales de Costa Rica (CRI)[28] decidieron en 1994 adoptar como política académica, la inclusión de la dimensión ambiental como eje transversal en todos los planes de estudio [1, 2]. Casi dos décadas después, la consecución de los objetivos buscados por este mandato académico está lejos de poder calificarse como exitosa. Una de las posibles razones de esta situación es la multiplicidad de *lenguajes* que han proliferado en el área de los estudios ambientales y que hace difícil la integración de los actores docentes, para el logro de esta tarea transdisciplinaria. Con disgusto, debo admitir la existencia del recelo y animadversión general que todavía existe entre *las dos culturas* [3], aún ya pasada la primera década del siglo XXI.

El autor ha creído conveniente poner en claro al menos algún lenguaje y contribuir así a evitar el uso de palabras sin significado claro. Se considera de utilidad disponer de una colección de textos cortos, que ofrezcan diversas discusiones técnicas sobre aspectos específicos del área temática ambiental. Una presentación y discusión alternativa del concepto de eficiencia energética es, sin duda, de interés y utilidad. Se busca que estos ensayos sirvan como lecturas para ayudar a la integración del *ambiente* como eje transversal, sobre todo en el área de química.

La enseñanza de la química en muchas universidades se realiza en ambientes académicos con una visión excesivamente reduccionista, es decir, molecular. No hay especial interés en asuntos muy químicos como las fuentes de las materias primas, el costo del acceso y uso de la energía o el destino final de los materiales, es decir sus ciclos de vida. Por esta razón, la redacción usada es al estilo de ensayo y no como artículo técnico.

Este ensayo está dirigido tanto a estudiantes de carreras del área de ciencias básicas, así como a lectores con formación académica en el ámbito de las ingenierías, aunque puede también ser encontrado de interés por científicos sociales y un público general que no muestre *ab initio* repulsión por argumentaciones matemáticas.

La palabra griega clásica ενέργεια («poder») indica la capacidad para ejecutar cambios. Esta mención etimológica ofrece un significado intuitivo de la palabra *energía* y sus cognatos en los idiomas indoeuropeos. Aunque energía es un constructo teórico, las manifestaciones de su transformación son muy evidentes para el ser humano.

La primera ley de la termodinámica indica que en un sistema que experimenta una modificación en su contenido de energía, esta variación se manifiesta como la ejecución de un trabajo y la generación de flujos de calor. Si la referencia de los cambios es externa al sistema, debe también tenerse en cuenta el efecto de variaciones en su posición y movimiento, con respecto al punto de observación externo. Muchos textos

[28] Se usará en este artículo el código CRI para referirse a Costa Rica, según la norma ISO 3166-1 Alfa-3.

de química y física generalmente se ocupan únicamente del contenido de *energía interna* de los sistemas, es decir la energía debida a su estado térmico, mecánico y de constitución molecular y nuclear.

La primera ley demuestra que todo proceso está sometido a un estricto balance de contabilidad energética; no hay creación ni destrucción de energía, solo transformaciones de ésta (flujos de calor, trabajo mecánico, transformaciones químicas, entre otros.).

La segunda ley de la termodinámica señala la existencia de una cantidad que mide el costo del uso de la energía. Esta cantidad termodinámica se llama entropía (del griego εντϱοπία, «transformación»). La entropía asociada a un proceso define entonces la eficiencia en la utilización de la energía. Un proceso termodinámicamente eficiente es poco productor de entropía.

En términos físicos, eficiencia energética es la ejecución de una acción, minimizando el consumo de la energía requerida para su realización (cosecha, obtención de un producto químico, transporte, realización de un servicio, entre otros). Pero en sentido más amplio, eficiencia energética también debe hacer referencia al resultado de las acciones que tienden a la reducción del impacto que un sistema operativo ejerza sobre su ambiente inmediato. No debe confundirse pues, eficiencia energética con simple ahorro de energía. En síntesis, es necesario pensar en términos del grado de efectividad que se busque (eficiencia+eficacia), para lograr el objetivo.

Los progresos materiales de la civilización pueden correlacionarse, con la medida en la cual se aprovechan las fuentes naturales de energía para ejecutar diferentes tipos de trabajo, que, de otra manera, tendrían que recaer en la capacidad muscular tanto de gente, como de animales. De aquí se evidencia la importancia de buscar la máxima efectividad con que se realicen los procesos.

En este ensayo se analizará el efecto que ejerce el crecimiento de las poblaciones humanas, en la rapidez de aumento de la demanda de energía de una sociedad, usando el caso de CRI como ejemplo, durante el período 2000-2008 (se busca excluir el efecto del *annus horribilis* 2009). El objetivo es la inclusión de una variable social en la discusión de la eficiencia energética de un proceso, tal como es el transporte de personas y mercancías.

En la discusión, el aspecto dinámico de la evolución de cantidades físicas y sociales será expresado en términos de rapideces de crecimiento proporcional:

$$\frac{dy}{dt}=k\,y$$

en donde y es el valor de una cantidad de interés, correspondiente al momento t (por ejemplo, demanda de agua, demanda de energía, volumen del parque vehicular, huella de carbono, etc.). La constante de proporcionalidad k es llamada tasa de crecimiento proporcional. Vale la pena resaltar que, si los tiempos son medidos en años, el valor $100 \times k$ corresponde al porcentaje anual de crecimiento (o disminución) de la cantidad y.

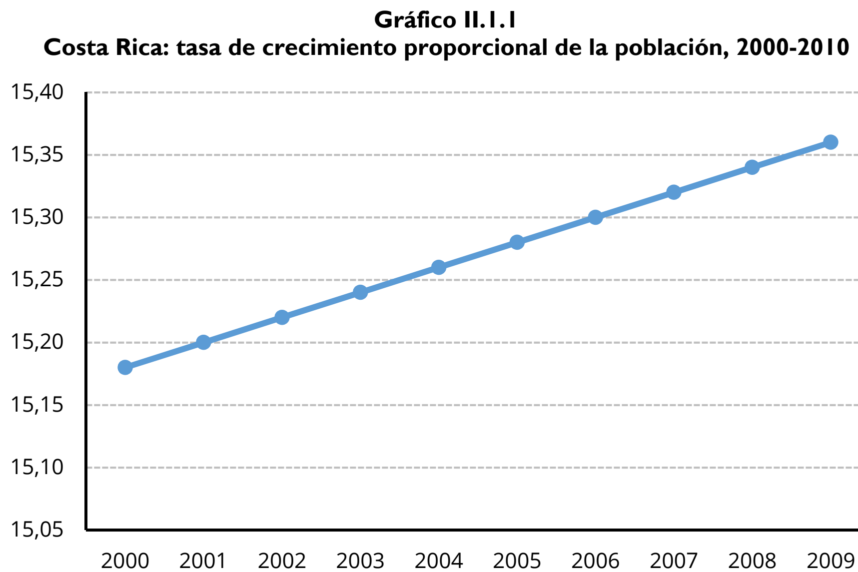
Una ventaja de expresar el comportamiento dinámico de cantidades indicadoras con valores de k, es que sus unidades son el inverso de tiempo (ej. año^{-1}), porque representan la variación fraccional de y, que es una cantidad adimensional, durante el período de un año. Esto hace posible comparar tendencias, cuyos datos numéricos están expresados en diferentes unidades, como por ejemplo barriles de petróleo, emisiones de gases de efecto invernadero debidas al uso de combustibles derivados de petróleo o el equivalente energético de ese material fósil o sus derivados.

El crecimiento de poblaciones obedece de manera bastante exacta la ecuación diferencial indicada antes, en períodos más o menos extensos. La discusión del crecimiento poblacional exponencial

(«geométrico») que resulta de este tipo de relación matemática entre población y tiempo fue ampliamente desarrollada por Malthus hace más de dos siglos [4] y aunque posiblemente un tanto catastrofista, señala la importancia de analizar las tendencias con relación al ritmo del crecimiento poblacional.

Para el caso de CRI, el valor de la tasa de crecimiento poblacional, k_P, se obtuvo a partir de datos demográficos (N). La figura 1 muestra el cálculo de la tasa de crecimiento proporcional de la población, a partir de las correspondientes cifras demográficas del período 2000-2009 [5], expresadas en la forma logarítmica resultante de la integración de la ecuación diferencial $\frac{dN}{dt} = k_P\ N$.

Gráfico II.1.1
Costa Rica: tasa de crecimiento proporcional de la población, 2000-2010



Fuente: Elaboración propia.

De la pendiente de la línea recta mostrada en el gráfico II.1.1, se determina que la población del país ha estado creciendo anualmente a razón de 1,69% ± 0,05%, durante la década de 2000. Los límites de precisión usados son errores estándar.

La discusión se desarrollará básicamente en términos de la interpretación del efecto que tiene la tasa de crecimiento proporcional de la población, sobre valores de k para cantidades dinámicas tales como aumento en la demanda energética, crecimiento del parque vehicular o de la huella de carbono (valores de elasticidad).

Se llama elasticidad a la relación de cambio proporcional de una cantidad y con respecto del cambio proporcional de otra cantidad z [6]:

$$\varepsilon_{y,z} = \frac{dy/y}{dz/z}$$

Puede calcularse una elasticidad entre dos cantidades, siempre que exista una relación causa-efecto entre ambas. En sentido analítico, debe cumplirse que las funciones $y = y(t)$, así como también $z = z(t)$, sean continuas, al igual que sus primeras derivadas con respecto a la variable independiente t.

En este ensayo, la discusión sobre elasticidades será un tanto intuitiva. Las palabras del novelista, poeta y ensayista escocés Robert Louis Balfour Stevenson inspiran la forma de redacción de este ensayo, ya que aseguró la importancia que significa «*nothing like a little judicious levity*».

La evaluación de los valores de elasticidad que se presentarán en este ensayo servirá para considerar un aspecto adicional de la eficiencia energética, en este caso asociado a estilos de vida individual y social.

B. Revisión somera de la dinámica de la demanda de energía en Costa Rica

Los datos de base usados para elaborar el 5° Plan nacional de energía 2008-2021 [7] se han empleado en este estudio, para calcular la dinámica del crecimiento anual de demanda energética del país, valor que resulta ser 4,4% ± 0,1%. Los datos corresponden al período 1990-2006.

Se da también a continuación los valores segregados de las tasas de crecimiento proporcional anual en los sectores industria, residencial, transporte y para otras actividades como la agropecuaria, construcción y servicios en general. La ejecución de los cálculos respectivos produce los siguientes valores:

Crecimiento anual de la demanda de energía en el sector industria = 3,2% ± 0,3% a^{-1}

Crecimiento anual de la demanda de energía en el sector residencial = 5,0% ± 0,2% a^{-1}

Crecimiento anual de la demanda de energía en el sector transporte = 5,2% ± 0,4% a^{-1}

Crecimiento anual de la demanda de energía en los otros sectores = 4,4% ± 0,1% a^{-1}

Es interesante que el sector productivo no sea el que crece más rápidamente en su demanda energética, sino los sectores residencial y transporte. La diferencia numérica entre esos valores es más que evidente. La dinámica de crecimiento que muestran estos tres últimos sectores es de 38% a 62% mayor que la demanda debida al crecimiento de la actividad industrial.

Desde un punto de vista muy intuitivo, los valores de crecimiento deben aumentar en respuesta al crecimiento poblacional, entre otros factores. El asunto no es simplemente aceptar esta verdad de carácter cualitativo, sino indagar las relaciones cuantitativas existentes. El cuadro II.1.1 muestra las relaciones entre el crecimiento de la demanda energética y el crecimiento poblacional, para estos primeros años del siglo XXI:

Cuadro II.1.1
Elasticidades entre tasas de crecimiento de demanda energética y población

Energía total/población	2,6 ± 0,1
a) Energía para sector residencial/población	3,0 ± 0,1
b) Energía para transporte/población	3,1 ± 0,2

Antes de seguir adelante, es importante precisar la fracción del consumo energético de cada sector, en CRI. El Balance Energético Nacional 2008 elaborado por la Dirección Sectorial de Energía del Ministerio de Ambiente y Energía [8] indica las fracciones de consumo energético por sector (véase el cuadro II.1.2).

Cuadro II.1.2
Costa Rica: distribución del consumo de energía en diferentes sectores, 2008

Sector	Fracción del consumo total
Transporte	57%
Industria	18%
Residencial	12%
Otros (agropecuario, comercial, público, servicios, etc.)	13%

Fuente: Elaboración propia.

Se nota que el sector transporte demanda una fracción desproporcionadamente alta de la demanda energética del país, casi cinco veces más que las necesidades de energía del sector domiciliario. Esto sugiere un alto grado de ineficiencia en las formas de transporte de bienes y personas.

La situación se vuelve más interesante al observar que, aunque la demanda residencial de energía tan sólo significa el 12%, la evolución de su crecimiento referido al crecimiento poblacional (3,0) es virtualmente igual al crecimiento en el sector transporte (3,1).

C. Transporte como mecanismo de ineficiencia energética en Costa Rica

Desde un punto de vista intuitivo, es lógico esperar que el crecimiento de una demanda (como alimento, energía o transporte) evolucione de manera paralela a la rapidez de aumento de la población. Sin embargo, no siempre se observa relación unitaria entre tasas de crecimiento de cantidades relacionadas (elasticidad unitaria), tal como lo señaló Malthus, para el caso de la producción de alimentos [4]. La consideración del resultado numérico de las elasticidades *y versus* población ($\varepsilon_{y,N} = \frac{dy\ /\ y}{dN\ /\ N}$) depende de su interpretación conceptual y no hay significado inmediato en la magnitud o signo.

Con datos del Programa Nacional de Biocombustibles del Ministerio de Ambiente y Energía y del Ministerio de Agricultura y Ganadería [9], se calcula que durante el período comprendido desde 1984 hasta 2007, la tasa de crecimiento proporcional anual del parque vehicular se ha mantenido al ritmo de 7,4% ± 0,2% a^{-1} (elasticidad vehículos/población = 4,4 ± 0,2).

Es necesario comparar este valor con el ritmo de crecimiento de la producción del país, usando el PIB bruto como cantidad indicadora. Conviene indicar que se considera producción a la riqueza debida a las actividades de agricultura, manufactura, servicios y turismo. Con la información numérica ofrecida por el Banco Central de Costa Rica [10], se calcula que el país venía aumentando su PIB bruto a razón de 5,3% ± 0,3% a^{-1}, en el período desde 2000 a 2008 (elasticidad PIB/población = 3,1 ± 0,2). Una sencilla estimación estadística, permite reconocer que el ritmo de aumento del crecimiento poblacional del parque vehicular es 40% mayor que el crecimiento de la producción, a un alto nivel de confianza ($p < 0,01$). Este resultado muestra desajuste entre el ritmo de crecimiento del número de vehículos y la dinámica del crecimiento de la producción.

Es lógico esperar que el desajuste encontrado implique menoscabo del balance ambiental del país. Esto puede cuantificarse a través del valor indicativo llamado *huella de carbono*. Este concepto está asociado específicamente a la cantidad de CO_2 producido por la utilización de combustibles fósiles. Se expresa como

la cantidad territorial que sería necesaria para absorber esas emisiones y se expresa como hectáreas globales por persona.

El 16° informe sobre el Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible correspondiente a los indicadores de 2009 [11], permite calcular la tasa de crecimiento proporcional de la huella de carbono de CRI. Con los datos proporcionados, se obtiene el valor 2,2%±0,6% a^{-1} (elasticidad huella de carbono/población = 1,3 ± 0,4). Los límites de incertidumbre del valor de esta $\varepsilon_{C,N}$ no permiten asegurar que exista un efecto real del crecimiento poblacional sobre el aumento de la huella de carbono del país, que se establecería por un valor de elasticidad significativamente diferente a la unidad. Pero al menos, el resultado llama la atención de que al menos, se está entrando en una situación de riesgo de desbalance ambiental, debido a la forma como los materiales energéticos fósiles están siendo usados.

En el cuadro II.1.3 y el gráfico II.1.2 se muestran algunos valores de elasticidades que definen la situación de CRI, en relación con la evolución de la demanda energética relacionada con el sector transporte y a la vez muestra algunos valores de $\varepsilon_{y,N}$ de interés. Las elasticidades para el mundo fueron calculadas para el período 2000-2008 a partir de los valores de crecimiento proporcional anual de la población mundial (1,20%±0,04% a^{-1}), del PIB bruto global (7,0% ± 0,3% a^{-1}) y de la demanda de energía (1,8 ± 0,2% a^{-1}), calculadas con datos suministrados por el Banco Mundial [12], la tasa de crecimiento del parque vehicular mundial durante el período desde 1968 a 1996 (4,1%±0,5% a^{-1}) [13] y los valores de emisiones de CO_2 generadas por el uso de combustibles fósiles (3,1% ± 0,2% a^{-1}) [14].

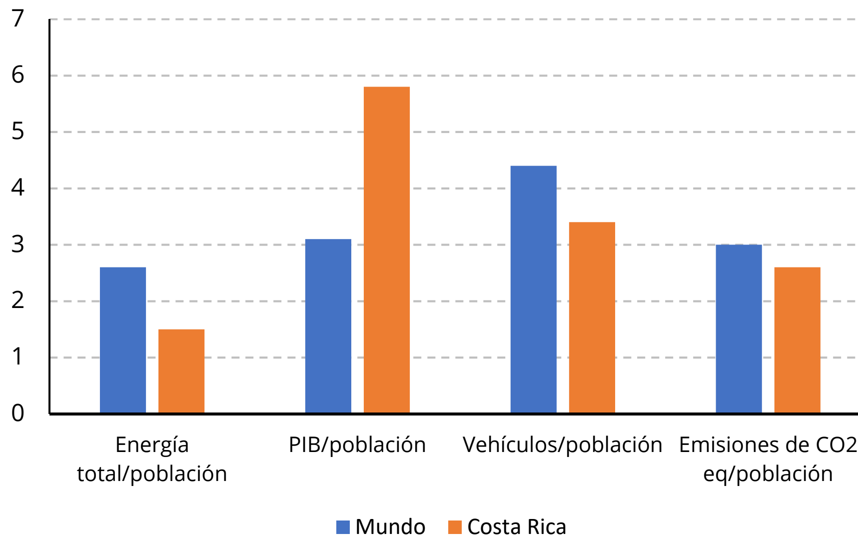
Cuadro II.1.3
Costa Rica y Mundo: algunos valores de elasticidades relacionadas con la demanda de energía en el sector transporte

Variables	$\varepsilon_{y,N}$	
	Costa Rica	Mundo
Energía total/población	2,6 ± 0,1	1,5 ± 0,2
PIB/población	3,1 ± 0,2	5,8 ± 0,3
Vehículos/población	4,4 ± 0,2	3,4 ± 0,4
Emisiones de CO_2 eq/población	3,0 ± 0,6	2,6 ± 0,2

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico II.1.2

Costa Rica: valores de $\varepsilon_{y,n}$ para diferentes cantidades socio-ambientales



Fuente: Elaboración propia.

D. Discusión de los resultados

Se indicó al principio de este ensayo que la primera y segunda leyes de la termodinámica señalan la constancia de la energía y la existencia del pago entrópico asociado a su uso, respectivamente.

Existen dos criterios para evaluar la eficiencia energética [15]:

a) **eficiencia energética de acuerdo con la primera ley de la termodinámica:** se define matemáticamente como el cociente de la cantidad de energía realmente aprovechada, con relación a la cantidad total utilizada para alcanzar el objetivo del caso, y

b) **eficiencia energética según la segunda ley de la termodinámica:** este concepto se relaciona con la conveniencia de los modos para el uso de la energía. Se define matemáticamente como el cociente del trabajo máximo disponible necesario para ejecutar una tarea, con relación al trabajo real empleado para lograr el objetivo.

En un contexto social, los aspectos de eficiencia de acuerdo con la primera ley se relacionan esencialmente con aparatos e infraestructura. La situación con respecto a eficiencia de acuerdo con la segunda ley refleja aspectos de estilo de vida de individuos y sociedades. El uso racional de la energía es una necesidad de práctica de las sociedades contemporáneas en un mundo cada vez más poblado, que lógicamente requiere de mayores cantidades de energía, agua, alimentos y materiales y que produce cada vez mayores cantidades de desechos. Los problemas para el acceso a fuentes de energía han generado la creencia, de que el asunto se arregla únicamente disminuyendo la frecuencia y extensión de las diferentes acciones humanas como cocción, esparcimiento, manufactura, siembra y cosecha, transporte, etc. Pero ahorro de energía solo refleja el concepto de eficiencia de acuerdo con la primera ley.

Ahorrar energía implica sacrificio, de acuerdo con la visión de sociedades sin una práctica legítima de la solidaridad. El concepto de eficiencia energética debe ser extendido (primera ley + segunda ley). Esto

implica entonces la necesidad de adoptar maneras diferentes de uso de la energía, que conlleven a mayor grado de efectividad y lógicamente a la sostenibilidad.

Los datos numéricos en el cuadro II.1.3 y la figura II.1.2 muestran resultados que deben ser considerados desde el punto de vista de la segunda ley.

El planeamiento de las necesidades de energía de las naciones se acostumbra realizar extrapolando tendencias de consumo a lo largo del tiempo. Este tipo de enfoque trae el riesgo de no poder reconocer prácticas individuales y colectivas que disminuyen la eficiencia energética de una sociedad.

El estudio experimental de los mecanismos moleculares de las reacciones químicas se realiza, determinando relaciones numéricas entre la variación de la rapidez de reacción relativa a variables tales como concentración de un catalizador, efecto de alguna propiedad molecular de las sustancias reaccionantes o del medio de reacción. Nótese que este paradigma es análogo a la consideración de valores de elasticidad con respecto al crecimiento poblacional.

El valor de $\varepsilon_{PIB,\,N}$ global es casi dos veces mayor que el correspondiente para CRI. Este resultado no implica novedad alguna, pues la tendencia histórica de crecimiento del PIB global es esencialmente determinada por el desarrollo económico de los países industrializados y sus bajas tasas de crecimiento poblacional.

La elasticidad energía/población de CRI es significativamente mayor que el parámetro global de referencia (2,6 *vs.* 1,5). Este resultado podría erróneamente considerarse adecuado para un «país emergente», en el sentido de suponer que refleja una dinámica de desarrollo integral. Pero las cifras mostradas para la dinámica de la demanda de energía del país indican que los sectores que demandan energía más rápidamente son domiciliario y transporte, en contraposición a la producción y los servicios. Debe tenerse en mente que las características climatológicas de CRI no requieren de gasto energético significativo para necesidades de climatización, que contribuya al aumento de gasto energético de acuerdo con el crecimiento de la población. Este resultado señala la ausencia de adecuada autogestión del gasto energético en la sociedad costarricense.

La elasticidad vehículos/población para CRI es mayor en casi una quinta parte, con respecto al mundo. Esta situación debe causar preocupación, pues la «riqueza» del país no avanza al mismo ritmo que el crecimiento del parque vehicular. La comparación entre las elasticidades PIB/población y vehículos/población muestra un evidente desajuste. De manera adicional, vale la pena indicar que el crecimiento económico y la demanda por facilidades de transporte de personas y mercancías en los países de la OECD han estado fuertemente correlacionados: 3,1% a^{-1} y 3,7% a^{-1}, respectivamente.

Por aparte, el hecho de que más de la mitad del consumo energético de CRI lo demanda el transporte, señala ineficiencia en la forma que opera el transporte de mercancías y personas. Los factores que aquejan a la actividad de transporte son múltiples. El primero es la antigüedad de la flota vehicular. El 58% de los vehículos tiene de 10 a 21 años de antigüedad. A esto le siguen problemas de infraestructura vial. Este segundo factor incluye no solo aspectos de estructura material, sino de diseño.

El transporte público demanda únicamente el 10% del total de combustibles empleados para transporte [11]. Este autor ha estimado que anualmente 1,6% de las personas que viajan normalmente a la ciudad de San José desde áreas periféricas dejan de usar servicio de transporte público [16].

El transporte es el mayor consumidor de energía en CRI, y también es la principal fuente de contaminación ambiental. De acuerdo con el 16° Informe del Estado de la Nación, el transporte aportó el 71% de la huella de carbono del país correspondiente al año 2009 [11]. Como se indicó en párrafos

anteriores, este autor calculó que el ritmo de aumento de la huella de carbono del país es 2,2% a^{-1} ($\varepsilon_{C,\,N}$ = 1,3). El cálculo de huella de carbono es un procedimiento más elaborado que la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero. Por esta razón la comparación de CRI con el mundo en este aspecto, se indica usando datos de emisiones de CO_2 equivalentes, en lugar de huella de carbono. Los valores de $\varepsilon_{CO2,\,N}$ para CRI y el mundo son estadísticamente similares.

Estos resultados numéricos con respecto a emisiones de carbono no solo señalan patrones de conducta social inapropiados con respecto al uso de la energía, sino que deberían ser entendidos por la sociedad civil en su dimensión relativa a la calidad del aire, la salud pública y en general como amenaza a la calidad de vida, sobre todo en las áreas urbanas.

E. Conclusiones

No existe correlación estricta entre las necesidades de energía reales de una sociedad y sus necesidades para alcanzar niveles de vida satisfactorios o inclusive óptimos. Esto lleva a la condición de ineficiencia en los sistemas económicos. La razón puede atribuirse parcialmente a que el manejo de la promoción del consumo busca esconder la diferencia entre deseos y necesidades. La insatisfacción con la calidad de servicios públicos es también motor, para crear condiciones de ineficiencia energética y económica. El asunto de la energía en CRI desafortunadamente cuadra con este marco.

La consideración del ritmo de crecimiento poblacional es un paradigma apropiado para interpretar las tendencias de cantidades ambientales y sociales. La razón de esta aseveración es la transformación de los espacios humanos desde mundos poco poblados hasta mundos más llenos, en términos de espacio ecológico.

La racionalidad con respecto a estilos de vida en el sector domiciliario costarricense, así como el establecimiento de medidas correctivas para un sistema integral de transporte racional son una urgencia política. Posiblemente la mejor prueba para esta aseveración es la idéntica tasa de crecimiento de consumo energético del sector transporte (que demanda el 57% del consumo total de energía) y el correspondiente valor para el sector domiciliario (que demanda tan sólo 12% del consumo total de energía).

Finalmente, en cuanto a la paridad del país y el mundo con respecto a emisiones de carbono (elasticidades 3,0 ± 0,6 *vs.* 2,6 ± 0,2), la evidencia choca con el discurso *chauvinista* de la imagen oficial de un país sin «ingredientes artificiales». En términos del legado intelectual de los hermanos Alexander y Wilhelm von Humboldt, se requiere diseminar conocimiento y propensión para el análisis entre la población, como mecanismo emancipatorio contra la manipulación y la superstición.

F. Bibliografía

Banco Mundial (s/f), datos de población de diversos países [en línea], <datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.TOTL>.

______ (s/f) [en línea], <data.worldbank.org>.

Botkin, D. B. y E. A. Keller (2007), *Environmental science: Earth as a living planet*, Nueva York, Wiley, pp 358-389, G-6.

Consejo Nacional de Rectores de Costa Rica (1994), Comisión de Vicerrectores de Investigación, Acta de la sesión 01-94, Acuerdo 2.1 del 10 de febrero de 1994.

Dirección Sectorial de Energía (2009), *Balance energético nacional 2008*, Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones, pág. 32.

_______ (2008), *Quinto Plan nacional de energía 2008-2021*, San José, Costa Rica, Ministerio de Ambiente y Energía, pág. 6.

Elert, G. (Ed.) (2011), *The physics factbook* [en línea] <hypertextbook.com/facts/2001/MarinaStasenko.shtml> [fecha de consulta: 10 de febrero de 2011]. Estimaciones del número de vehículos circulando en el mundo entre 1968 y 1996.

International Energy Agency (s/f) [en línea], <www.iea.org/publications/>.

Klotchkov, Vladimir (s/f), Departamento de Gestión Urbana de la Municipalidad de San José. *III Congreso Nacional de Energía de la Cámara de Industrias de Costa Rica*, febrero Cálculo realizado con información numérica presentada por dicho autor.

Malthus, T. R. (2007), *An essay on the principle of population*, Nueva York, Dover: Mineola, texto íntegro de la obra publicada en 1798 en Londres, por J. Johnson.

Mata Segreda, A. y otros (2009), *Dimensión ambiental. Estrategias innovadoras para la formación docente*. Volumen N° 27, San José, Costa Rica, 2da. edición, Coordinación Educativa y Cultural Centroamericana, Editorama, S. A.

Ministerio de Ambiente y Energía (2008), *Programa Nacional de biocombustibles*, San José, Costa Rica, MINAE.

Programa Estado de la Nación (2010), *16° Informe sobre el Estado de la Nación en desarrollo humano sostenible*, San José, Costa Rica, CONARE, Cap. 4.

Snow, C. P. (1959), *The two cultures*, Reino Unido, Cambridge University Press: Cambridge, reimpresión de la versión original de 1959.

Vian Ortuño, A. (1975), *El pronóstico económico en química industrial*, Madrid, tercera edición, Alambra, pp 83-84.

Artículo II.2
Energy efficiency in the Mexican transport sector: the case of imported second-hand vehicles

Georg Schmidt and María Teresa Silva-Porto Díaz *
CTS México

A. Introduction

Transport is one of the largest and fastest-growing sectors in Latin America (LA) in terms of energy consumption and GHG-emissions. Road transport accounts for 90% of energy consumption and CO_2eq emissions from the transport sector. In Mexico, the transport sector is responsible for 18% of total GHG-emissions. Between 1973 and 2006, while the Mexican industry's energy use doubled that of the road transport more than quadrupled.

Mexico´s vehicle fleet nearly tripled in a decade, the import of second-hand vehicles (SHVs) from the US was an important factor behind this growth. Similar patterns are observed in other LA economies, where SHVs are imported mainly from Japan and Korea. These developments have led to an increase in the average age of the fleet and other problems related to low gas mileage and high emissions of criteria pollutants (CO, NOx, HC and PMs). For instance, in 2007, Mexico imported 1.5 million vehicles from the US that were in average more than 11 years old: 75% of these Imported SHVs (ISHVs) already had bad energy efficiency performance while being new.

Since the transport sector is expanding fast in Mexico and other Latin-American economies, actions in this sector have a great potential to reduce greenhouse gas emissions (GHG-emissions). This was acknowledged in the COP16 held in Cancun, where the Mexican government agreed that the National Appropriate Mitigation Actions[29] directed towards GHG-emissions' reductions in the transport sector should focus on three areas of opportunity: i) to accelerate the implementation of mass transport systems that rely on clean energies; ii) to expand the technological reach of electrical buses and hybrid bus systems, and iii) to replace obsolete units and optimize bus routes in median cities. Although these goals refer mainly to the public transport system, the replacement of obsolete vehicles (goal N° 3) should be expanded to private transport modes. This essay is not just dealing with the replacement of obsolete units, but deals with one of the main causes: the import of SHVs.

This essay aims at raising awareness about the implications —poor safety and high emissions— of importing SHVs. It also seeks to highlight a set of policy recommendations that will result in an improvement of the environment and road safety. We believe that the implementation of these policies will promote public health by reducing lethal accidents and emissions, promote sustainable mobility given the regulation of motorization, and protect the environment through improved energy efficiency and GHG-mitigation. Besides, the implementation of these policies would be a major step in reaching the target

---

* Georg Schmidt is a consultant for Environmental Policy at CTS Mexico. María Teresa Silva-Porto Diaz is completing a Msc in Sustainable Development at SOAS, University of London.

[29] National Appropriate Mitigation Action (NAMA) refers to a set of policies and actions that countries undertake as part of a commitment to reduce greenhouse gas emissions. The term recognizes that different countries may take different nationally appropriate action on the basis of equity and in accordance with common but differentiated responsibilities and respective capabilities. It also emphasizes financial assistance from developed countries to developing countries to reduce emissions.

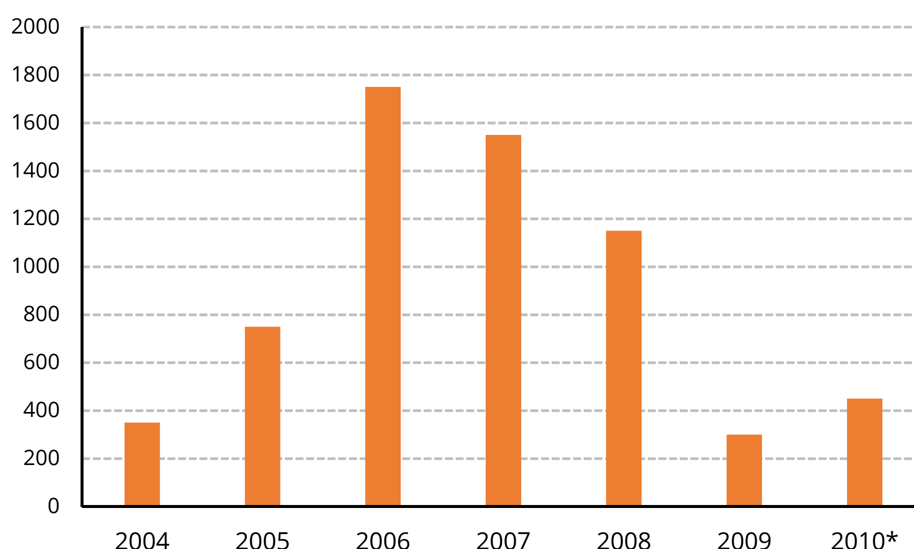
established in the unilateral commitment that the Mexican government adopted to fight climate change, described in the Special Program for Climate Change (PECC for its Spanish acronym).

The paper is structured as follows. The first section presents the recent development of the trade of SHVs between the US and Mexico, and briefly discusses its environmental and road safety impacts. The following part discusses the main factors that drive supply of SHVs in the US, and the main demand drivers in Mexico. Although this essay refers mainly to the Mexican case, the next section gives an overview of the ISHVs market in other Latin American countries, especially South American countries like Peru and Chile. Next, a set of public policy recommendations is presented highlighting their pros and cons.

B. Trade of ISHV between the United States and Mexico

The trends point out that the trade of SHVs between Mexico and the US will further expand. Considering a business as usual scenario, in 2024, the total Mexican vehicle fleet[30] will reach 45 million vehicles (250% increase, compared to 2004). The total share of ISHVs will account for 33% of the total vehicle fleet. The main part of these ISHVs will be Light Trucks (almost 10 million).[31]

Figure II.2.1
United States: ISHVS, between 2004 and 2010
(Thousands)



Source: AMDA, 2011.
* Values are an approximation.

But, which is the impact of ISHVs increasing their share in the total vehicle fleet? In this regard, there are two important impacts that must be considered: the effect they have on the environment and on road safety.

30 Including all kind of passenger cars i.e., Sedans (gasoline), Light Trucks (gasoline), Sport and Luxury Cars (gasoline), Hybrids, Electric Cars, and Gas and Compressed Natural Gas. Heavy and light freight, motorcycle, buses and diésel powered cars are not included.

31 Data from Instituto Mexicano del Petróleo, 2010.

1. The environmental impact

The model composition of ISHVs and the high popularity of low fuel-efficient vehicles are an environmental concern. Between 2004 and 2010, the most traded brands at the US-Mexico border were: Ford (Lincoln and Mercury), G.M. (Buick, Cadillac, Chevrolet, Hummer, G.M.C. and Pontiac) and Chrysler (Jeep, Dodge, Ram and Mopar). About 70% of the ISHVs were SUV's, Pickups and Vans and only 30% were compact vehicles. In contrast, the newly purchased vehicle composition consists of 65% compact vehicles.[32]

a) We can also summarize some other characteristics of the ISHVs fleet in Mexico. In general, ISHVs:
b) Have an average of 160,000 km on the odometer when entering Mexico
c) Have an average age of about 11.5 years[33]
d) Are equipped with an engine between 3 L and 7.3 L (72% of ISHVs)

Were according to mechanic-reports in «good condition» (84%), 9% were «salvage», 2% had the title «reconstructed» and 5% received the name «junk».

From the 84% in «good condition», 13% had problems with the odometer (SEMARNAT, 2008).

Another fact that must be considered is that ISHVs are generally quite old and the average fuel efficiency of a vehicle changes over time. While in the first 10 years, the fuel efficiency is constant on a high level (over 90% compared to the car in new condition), in the following years it decreases at increasing rates. Different types of Sedans until 135 Horse Power (HP) just have 50% fuel efficiency after 25 years in use and Light Trucks as well as Sport/ Luxury cars go down to almost 40%.[34]

The impact in terms of fuel consumption is also very significant. AMDA argues that a subcompact new vehicle produces twice more kilometers per liter of petrol in comparison with a used vehicle of the same type from 1997. To offer a proxy of how much GHG are being emitted in excess by imported used vehicles, AMDA offers a comparison in fuel expenditure; results are shown in the following table.

Table II.2.4
Fuel expenditure new compared with second-hand vehicles

Segment	New 2007	Secondhand 1997
Subcompact	9 530	17 089
Compact	11 786	19 050
Luxurious car	15 846	23 488
Sportive car	15 882	23 695
Light trucks	17 438	27006
Multiple use	16 492	26 176

Source: CTS-México with data from AMDA

Finally, gas emissions from ISHVs represent a great environmental concern. Based on two studies performed by SEMARNAT, INE, CTS-Mexico and other information, SEMARNAT published in 2008, a report about the environmental impact of ISHVs. The ISHVs which entered between 2005 and 2008

32 Data from AMDA.
33 Data from SHCP, 2010.
34 Data from Instituto Mexicano del Petróleo, 2010.

generated approximately: 14 Mt CO_2, about one million tons of CO, 98,000 tons of HC and 57,000 tons of NOx (SEMARNAT, 2008). This represents approximately 10% of GHG-emissions from the transport sector in Mexico.

2. The road safety impact

A study published by Blows and others (2003), demonstrates that there exists a strong relationship between vehicle age and car crash injury. The risk to have a car crash with a vehicle older than 15 years is approximately three times higher compared to a vehicle younger than four years (Blows and others, 2003).

Additionally, several studies about safety defects in crashed vehicles calculate that about 12% of crashed vehicles had defects that were likely to have caused the crash or contributed to its severity. Older vehicles are also less likely than newer ones to have safety features, such as airbags and side impact systems that are created to protect occupants in the event of a crash (Vaughan, 1996).

3. The US-Mexico market of SHVs

Trade of SHVs across national borders has increased with the appearance of free trade areas and the reduction of trade restrictions and tariffs. Unfortunately, until very recently research regarding the impact and development of the international SHVs market has been scarce. The development of SHVs' supply and demand and its repercussions are dependent on the existing national standards, conditions, regulations and requirements. In this section, we draw attention on the main supply and demand drivers of the SHVs market between the US and Mexico.

4. Supply drivers

In order to determine the potential supply of SHVs for Mexico some variables must be taken into account:

a) ***Geographical factors.*** The seller must have direct or indirect access to a dealer that ships used vehicles abroad, or direct contact to the consumer. This is more likely to occur in a border State rather than in a State that is located far away from the border.

b) ***Age.*** In order to legally export a used vehicle to Mexico, it must have a certain age. This is defined by NAFTA and the Mexican law.

c) ***Scrapped vehicles including scrapping programs.*** The existence of such programs in the US clearly reduces the supply of old SHVs.

d) ***Outage vehicles or with high maintenance costs.*** High vehicle maintenance costs caused by Smog Checks, Safety Checks or similar programs encourage US motorists to get rid of their old vehicles and sell them to other regions or countries. The most extreme case occurs when a vehicle reaches a status of outage and can no longer be used in the region where the motorist lives. When this happens, motorists have 2 choices: 1) He/She can scrape the vehicle. 2) He/She can sell the vehicle in a different region or country where the vehicle can still be used and where the vehicle has a higher value. Vehicles might still be used in other regions because they might have more relaxed environmental or safety regulations or poor enforcement of these regulations.

e) ***Gasoline price.*** The availability of SHVs for foreign markets is also influenced by the gasoline price. Firstly, the higher the price for gasoline is in the US, the more motorists tend to sell their fuel-inefficient vehicle. Secondly, high prices and high price expectations for gasoline affect the value for vehicles with high fuel consumption and make them very cheap (Kahn, 1986).

The US has a passenger vehicle fleet of 250 million units. After eliminating the cars that are far away from the US border; that have been scrapped or do not have the required legal age; the universe of cars that can be exported to Mexico shrinks. Nevertheless, the potential supply is substantial and there are factors like high maintenance costs, outage and gasoline price differences that boost the supply.

5. Demand drivers

In the context of this essay, the term demand represents the desire to own a SHV, the ability to pay for it and finally, the willingness to pay. The demand for ISHVs is determined by the price of the good (SHV) including taxes, the consumer's income, the price of related goods, and diverse tastes or preferences.

The ***prices for SHVs*** differ significantly between the US and Mexico. Under perfect market conditions and according to trade theory, trade will expand until the price of old SHVs equalizes. The causes for the price difference between these two countries are multiple, but the most important is the slow-depreciating nature of passenger vehicles in developing countries compared to developed countries.

Taxes to import SHVs in Mexico are relatively high (since 2009) and combined with the costs for the license plate, have an important influence in the demand for ISHVs. Moreover, ISHVs younger than 5 years are prohibited to enter Mexico. However, the impact that import taxes have in reducing demand was offset by the tenancy tax and the tax on newly purchased vehicles. The vehicle ownership tax (in Spanish: «Tenencia») gave an incentive to motorists to own vehicles older than ten years, because these were exempted from the Tenencia.[35] Additionally, the tax on newly purchased vehicles called ISAN,[36] makes the purchase of a new car more expensive. On the other hand, environmental and road safety regulations for passenger vehicles exist, but due to many bolt-holes and bad implementation they have hardly any influence in the demand of ISHVs.[37]

As ***related goods for ISHVs***, we identified on the one hand gasoline as a complement good and on the other hand public transport as a substitute good. The price for gasoline is historically very low in Mexico. For example, in France, the Premium gasoline is about 2.3 times more expensive than in Mexico. The constant low gasoline price makes ISHVs (including vehicles with very high fuel consumption) attractive for Mexico´s motorists and increases the vehicle use. Public transport represents in Mexico and probably in other developing countries as well by far the most used means of transport. However, lack of reliability (unpunctuality), bad quality (uncomfortable, no air condition and overloaded), less flexibility, and insecurity (robberies, sexual harassment and traffic accidents) are reasons to purchase a cheap ISHV. Additionally, just looking to the advantages of both means of transport, we realize that the advantages for ISHVs outweigh the advantages of Public Transport in Mexico (see figure 2).

---

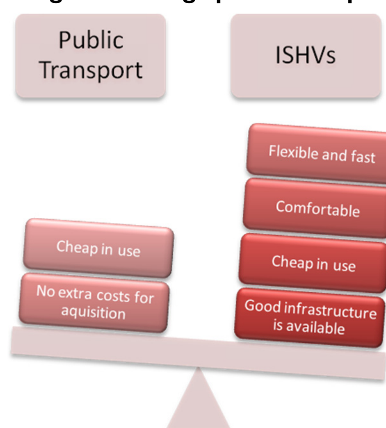
35 Since 2011 no «tenencia» must be paid for new vehicles in Mexico. For vehicles between one and ten years old, «Tenencia» must still be paid.

36 Impuesto sobre Automóviles Nuevos (ISAN).

37 See, for example, Mexican regulation NOM-041.

Finally, ***taste or preferences*** influence the decision of buying an ISHV. Consumers mix facts with presumptions, expectations and beliefs (whether correct or not). If trade occurs between two different countries, these presumptions and beliefs might differ more from the reality than trade within one country. Generally, motives to purchase SHVs are manifold for motorists (i.e., slower depreciation, cheaper prices, cheaper insurance and a wider selection). The slower depreciation and wider product variety are main motives for demanding ISHVs. Additionally, every demand market has its characteristics. In the case of Mexico, we found out that Mexico´s motorists prefer vehicles from the US because these vehicles might be in better conditions than comparable models from Mexico (see figure 3).

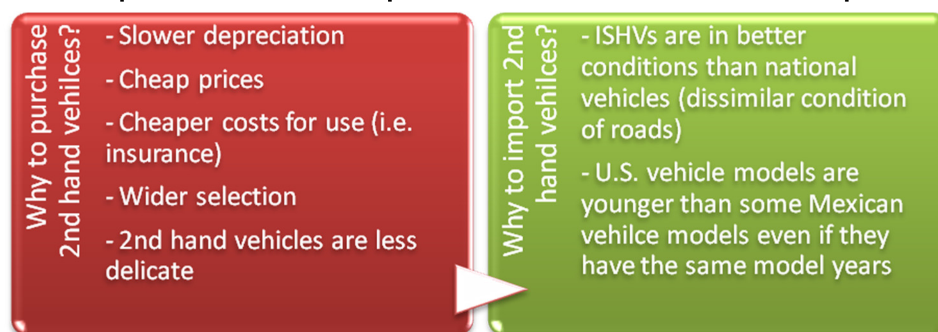
Figure II.2.2
Mexico: advantages of average public transport [a/] and ISHV



Source: ____
[a] Here it is worth mentioning that public transport causes significantly less negative externalities than ISHVs, however this is a collective advantage that is not necessarily influencing individual decisions.

It can be stated that in developing countries like Mexico, ISHVs are a normal good with a price elasticity <0. Consequently, as ***income*** increases expanding the budget restriction, the consumption of ISHVs and other normal goods increases proportionally.

Figure II.2.3
Taste and preferences: reasons to purchase second-hand vehicles and to import them

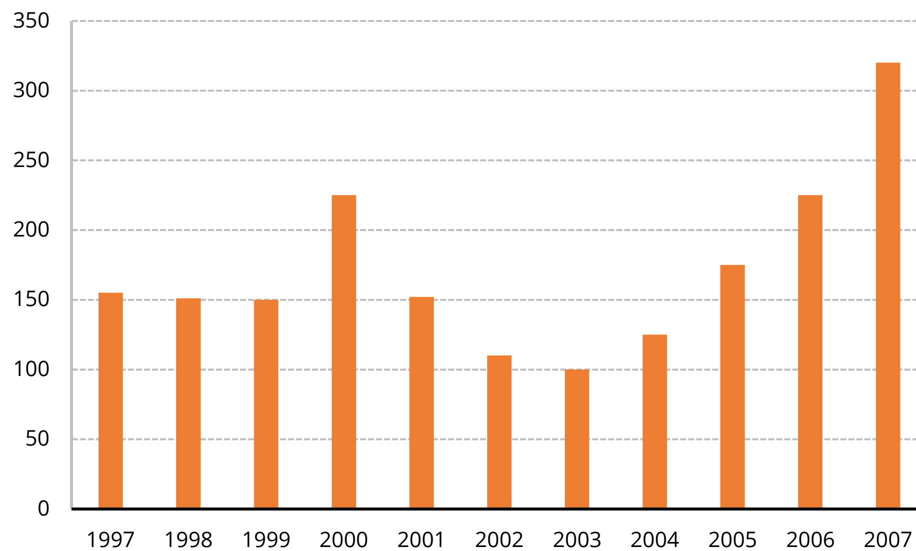


Source: ECLAC.

C. Trade of ISHVs in other Latin American economies: relevant facts about South America

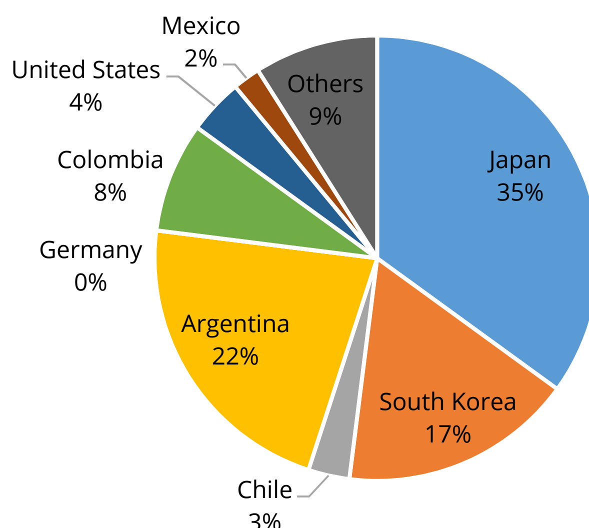
In 2008, Latin America manufactured 4.162.423 new passenger vehicles, whereby Brazil produced more than 2,5 million (OICA, 2008). In 2007, the same region imported about 1,954,241 SHVs, whereby the lion' share was for Mexico. In South America, the absolute amount of ISHVs between 1997 and 2007 was 1.85 million units. The lowest imports were between 2002 and 2004, mostly because of the effects of the 2001 economic crisis. However, since 2005 the market rose rapidly and constantly, reaching its pick in 2007 (314,628 units).

Figure II.2.4
South America's ISHV between 1997 and 2007
(Thousands)



Source: Authors, with data from UN-DB, GI-DB, GTI-DB, Eurostat and National Trade Statistics.

Figure II.2.5
South America: second-hand vehicles' import quotas, 1997-2007



Source: Authors, with data from UN-DB, GI-DB, GTI-DB, Eurostat and National Trade Statistics.

In South America, 35% of the SHVs are imported from Japan and 17% from South Korea. South America's internal market is well developed; hence Argentina, Colombia and Chile are responsible for one-third of the supply to their neighbour countries. The US and Mexico are also important trade partners.

Chile and Peru account for more than 50% of all the imports. However, Chile has two free trade zones and should be considered more as a gateway to South America rather than as a number 1 destination for ISHVs. Between the second and third place there is a large gap, Colombia ranks third with just 130,000 imported units.

The international prices of SHVs reveal that the worst condition vehicles are sold to Chile and then redistributed within South America. Japan's cheapest vehicles are shipped to Chile, having an average price of 214,643 Japanese Yens or about $2,500 dollars (Japanese Used Car Exporting, 2010). The case of the US is similar and it seems that what is too bad for Mexico goes to South America. In Peru and Chile many ISHVs are called «totalled vehicles» (from floods, accidents, etc.); they are purchased at knock off prices and then repaired.

Peru has one of the lowest motorization rates in South America with 37 passenger cars per 1,000 people but it is one of the most affected countries by ISHVs in South America. The average price paid for an ISHV from Japan is higher than the Japanese vintages exported to Chile and cost little bit more than 5,000 dollars (Japanese Used Car Exporting, 2010). These passenger vehicles are somewhere between seven and 12 years old. The imported units from Chile and the United States are even cheaper, older and in a worse condition than the vehicles from Japan. All in all, Peru imported 46,835 SHVs in 2007, just 4,000 units less than the new vehicles sold in the same year. The overall SHVs market in Peru is alarming. About 900 units are domestically sold per day according to recent statistics from SUNARP, Peru´s state agency for public records and information (SUNARP, 2010). Most of these passenger vehicles are believed to be older than 15 years and were in many cases already imported as SHVs. This has deeply impacted Peru´s environment. Recent research by the Institute of Peruvian Studies reveals that the metropolitan Lima area

endures the worst air pollution in South America, despite heightened clean-up efforts. The study emphasizes that an estimated 80% of the air´s contaminants can be traced to the city´s vehicles (Institute of Peruvian Studies, 2010).

Figure II.2.6
Latin America: import regulations for second-hand passenger vehicles



Source: Authors with information from UNEP.

As of the beginning of 2010, most of South America´s countries put in place import restrictions for SHVs. Brazil, Colombia and Argentina have a general import prohibition for SHVs. Additionally, the Bolivarian Republic of Venezuela, Chile, Uruguay and Ecuador also forbid the general entrance of SHVs, but allow for some exceptions. ISHVs in Paraguay must be less than 10 years old. Peru, introduced several years ago an import prohibition for cars older than five years,[38] an action that was introduced by Suriname already 10 years ago. On the other hand, Plurinational State of Bolivia and Guyana did not have any import restriction and that also counts probably for French Guiana, but no concrete information was found. The following figure illustrates the different types of import regulations for SHVs that are officially executed in Latin America (see figure 6).

Usually, SHVs import restrictions are something that both domestic and foreign automobile interests (including new automobile distributors, multinational firms, domestic investors, intermediate parts suppliers, and unions) can agree upon, while protection from new automobile imports is not (Pelletiere, and Reinert, 2002). For example, Mexico taxes ISHVs older than 10 years with 10% and ISHVs between 5 and 10 years with 1%. NAFTA does not include such a leeway for Mexico, but Mexico does it without any official protest from other parties. Hence, neither WTO nor regional free trade areas, such as NAFTA represent a handicap for actions to regulate the import of SHVs. At least until these actions do not significantly violate the principles established within the trade agreement. However, since ISHVs are a relatively cheap transport choice, there appears to be considerable popular pressure to liberalize this market. This is best illustrated in the case of Mexico, where the proximity to the U.S. SHV market makes SHVs particularly attractive (Pelletiere, and Reinert, 2002).

D. Public policy recommendations

As we have previously mentioned, the trends point out that imported SHVs in Mexico will represent 33% of the total vehicle fleet in 2024. Effective and rapid interventions would help to change these trends. In this section, we bring in and describe four policies that directly address the problem of ISHVs presenting their advantages and disadvantages. These policies also have the characteristic that they are compatible with a free market mechanism and would not imply a total prohibition to the import of SHVs, which would be against the popular sentiment. Thereafter, we present other recommendations that although do not specifically refer to ISHVs would make their use more expensive or would also provide alternative ways of transport.

1. Scrapping schemes

In scrapping schemes, vehicle owners receive money-either from the government, original equipment manufacturers (OEMs), or both- to trade in their old vehicles. Programs can include the requirement of purchasing a newer vehicle to give the money or only give the money for scrapping the old one. These schemes have an incidence in the share of ISHV in the total fleet.

In general, scrapping programs have the objective of reducing the average age of the national fleet by accelerating the rate at which the fleet gets renewed. This has been done with the aim of solving different kinds of problems. For example, to provide boost to demand for the car industry when economic conditions have caused slow down, to protect employment, or to aid in the reduction of pollution**.**

Scrapping schemes that aim at ISHVs regulation should promote not only that older vehicles get scrapped, but also that most of this additional scrapping is done by taking out mostly existing ISHVs. At

[38] However, the figures for ISHVs in Peru show that this regulation is poorly enforced.

the same time, these scrapping programs should make sure that scrapped ISHVs generate new vehicles' sales, a replacement for old national vehicles, or a mode shift from private vehicles to other types of transport. To secure better environmental results, the scrapping program must guarantee that most of additional sales created through the scheme are from the best environmental performance vehicles in the market. The average age (and better quality) of the fleet will be achieved in this type of regulation by the effect of the program in three factors: more existing ISHVs leave the fleet (less of them continue to be older inside it in future years), more new vehicles enter the fleet (most of them with a good environmental performance), and less ISHVs enter the fleet.

There are many design features that shape a scrapping program. The first decisive feature is the objective of the incentive: i) Cash-for-Scrapping: the incentive is offered for giving in the vehicle to be scrapped; and ii) Cash-for-Replacing: the incentive is offered for giving in a vehicle to be scrapped and replacing it for some other vehicle. Both in a Cash-for-Scrapping as in a Cash-for-Replacing scrapping program, eligibility conditions for the vehicles that can be scrapped serve the purpose of getting the program to focus in the desired participants —the users of existing ISHVs—.

The minimum age required for scrapped cars is a crucial feature that allows a scrapping program to target the desired fleet to be scrapped. Minimum age required by the program for the incentive to be given should correspond to the age range of the ISHVs in the country. If this requirement allows vehicles that are younger than most ISHVs then it is probable that a significant part of the resources spent on the program will be used to scrap vehicles that are not ISHVs.

Establishing minimum CO_2 emissions for eligible vehicles to receive a scrapping bonus is also a good way to target ISHVs and to be sure that the program is focusing on the worst quality ISHVs in the fleet. Maximum CO_2 emissions should correspond to the CO_2 g/km range of the ISHVs in the country.

In the case of a scrapping program aimed at the regulation of ISHVs, it is important to make sure that ISHVs are not imported to be scrapped through the program. If this would happen, the program would be financing the scrapping of vehicles that would not have existed without it being implemented, instead of financing scrapping of ISHVs existing in the fleet before the program. Establishing a minimum date of registry for a vehicle to be scrapped is vital.

Advantages:

a) For vehicles to be eligible, a minimum co_2 emissions' requirement can be established. Hence, the most polluting vehicles leave the fleet, and
b) Since an age minimum is established the oldest and in poorer condition vehicles leave the fleet.

Disadvantages:

a) Car owners that would have scrapped their vehicle in the absence of the program are also eligible to receive support either from the car for replacing or cash for scrapping program, and
b) All vehicles scrapped through a program will generate costs (because of the economic incentive) to the government, the automotive industry or both. However, not all the vehicles scrapped will translate into sales for the industry or tax income for the government.

Advantages and disadvantages of Car for Replacing or Cash for Scrapping Programs:

A Cash-for-Scrapping scheme only grants the economic incentive for trading in the vehicle regardless of its replacement, thus there is no control over the use of this money. The advantage is that in this type of scheme, encourages or allows for ISHV users to shift to other modes of transport besides private

vehicles when scrapping their vehicle and receiving the trade-in-payment. However, because there is no control over the use of the money ISHV users could participate in scrapping their vehicles but could replace them with other ISHVs.

In a Cash-for-Replacing scheme the trade-in-payment is offered for the scrapping of a vehicle and the replacement for another vehicle. The disadvantage of this scheme is that it automatically excludes ISHV users who would shift to other modes of transport besides private vehicles when scrapping their vehicle and receiving the trade-in-payment. In this case, the regulator can have control over the conditions of the replacing vehicles. These conditions can avoid that scrapped vehicles are replaced by other ISHV —both existing or new entrance— and can promote that fleet renewal is of better quality.

2. Inspection and maintenance (I&M programs)

Inspection and maintenance (I&M) refers to checks and repairs of devices related to pollutant emissions. It is a procedure mandated by national or sub-national governments in which a vehicle is inspected to ensure that it fulfills regulations governing safety, emissions, or both.

I&M programs for ISHVs should focus primarily on identification, diagnoses and repair of the highest-emitting ISHVs along with verification of those repairs. Recent literature for I&M programs recommend implementing I&M together with safety checks. Roadworthiness testing (I&M+safety checks)[39] represents one of the best ways to improve road safety in developing cities (GTZ, 2005). This should be also considered while implementing I&M for ISHVs.

I&M programs reduce the circulation of ISHV because they increase the cost of vehicle use. At the same time, they improve ISHV's environmental performance and road safety in general. The improvement in environmental performance program can be estimated dividing the costs of the program by the weighted emissions' reductions relative to some baseline. Based on this, the mitigation of emissions will be achieved through:

The reduction of the highest polluting ISHV. The I&M program can determine that a certain percentage (15% to 20%) of the most polluting/ poorest condition vehicles fail the verification. This will significantly reduce vehicle emissions (CO_2, CO, HC, NOx and PMs).

Proper vehicle maintenance. Better maintained vehicles have the potential to reduce GHG-emissions in 5% (GTZ, 2005).

Reduce the total amount of ISHV. Additional maintenance costs for motorists will make them keener to buy clean, fuel efficient vehicles.

Advantages:

a) Well implemented vehicle inspection programs are supposed to improve maintenance levels for vehicles and increase the sales of vehicles, particularly of new vehicles.
b) I&M programs teach people how to maintain their car.
c) I&M programs lead to emissions' reductions. A well-maintained vehicle consumes between 3% and 7% less fuel, and hence leads to a CO_2 reduction (GTZ, 2005).
d) By having safer roads and cleaner air, everybody profits and additionally, I&M create jobs.

---

[39] From now on I&M programs refer to roadworthiness testing.

Disadvantages:

a) Most of the countries affected by old SHVs are Low and Medium Income countries (LMCs); hence I&M programs might have limited success due to economic, social and political factors.
b) Vehicle inspection and maintenance costs are relatively high for LMCs' income levels. They also need capital-intensive equipment and a well-functioning bureaucratic structure. But even after overcoming these problems there is no success granted. For example, Mexico City introduced its I&M program in 1990 and faced some problems.[40] Although, inspection stations are controlled regularly and equipped with video cameras, in 27% of all tests car owners chose to bribe. It is not surprising that the owners of high polluting cars were keener to bribe (Oliva, 2009). However, even in developed countries, experts are skeptical of the success of I&M programs (i.e. Harrington, McConnell and Coase, 1999 and Coninx, 1998).

3. Border vehicle inspection program

A border vehicle inspection for ISHVs is a procedure mandated by national governments in which entering SHVs are inspected to ensure that they comply with regulations governing safety, emissions, or both. The Border Vehicle Inspection Program serves as a barrier to import SHVs.

Good designed border vehicle inspection programs can represent a fast improvement of emission performance and emission reduction of ISHVs. Just few countries in the world have an active border vehicle inspection program, however some countries ask for exhaust gas emissions checks and/or security checks to register a passenger vehicle in the country. For that purpose, an existing I&M program is necessary. In countries that do not have I&M programs, border vehicle inspections might represent a first effective and efficient way to reduce emissions from ISHVs.

Contrary to I&M programs, border vehicle inspection programs can be fast implemented and do not need long preparations or early announcements for the public (two to three months before implementation should be enough). Border vehicle inspection should be regulated within a national framework. Border inspection stations should not offer maintenance function. SHVs, which do not achieve national emission requirements, are not allowed to enter the country.

Policy-makers should make border vehicle inspection compliance a requirement for being able to import a SHV. Border vehicle inspection stations should be linked to the national vehicle registration system to ensure compliance. To register and issue its license plate, an ISHV must have succeeded a border vehicle inspection or an inspection inside the country. Border stations should be also linked, in a way that a rejected vehicle should be locked (at least for 24 hours) and banned from participating in any other border inspection; this will reduce corruption and station-jumping.

Advantages:

a) Border vehicle inspection programs focus 100% on ISHVs.
b) Border vehicle inspection is easier to implement than for example, I&M programs.
c) Border vehicle inspection programs need fewer stations than I&M programs. Hence, control and enforcement are simpler to manage than in other programs.

40 The Mexican I&M program does not include any safety checks.

d) In the context of the political goal to reduce emissions from ISHVs, the public acceptance for border vehicle inspection will be higher than for I&M programs. Border vehicle inspections are proportional, consistent and target-oriented.

e) Border vehicle inspection programs will increase the price for ISHV, hence they should be an economic instrument. It gives the incentive to motorists to import cleaner vehicles.

Disadvantages:

a) Border vehicle inspection might secure that just «clean» SHVs enter the country, but there is no follow up. The ISHVs might be used without good maintenance for a long-time period inside the country.

Costs for border vehicle inspections per vehicle are significantly higher than for I&M programs. This is mostly due to higher security and labor costs at the border, and widespread corruption.

Although the acceptance from the population is higher than for I&M programs, affected motorists —if they want to import a high-polluting vehicle— will use each possibility to sabotage and avoid the participation to the program.

4. Compulsory vehicle insurance

Compulsory vehicle insurance designed for ISHV is the minimum amount of vehicle liability insurance plus the insured party that claims in tort to a third party through vehicle use and the physical damage to the motorist of the ISHV.

All vehicles which use roads must have vehicle liability insurance. Its primary use is to provide protection against physical damage resulting from traffic collisions and against liability that could also arise. Compulsory basic vehicle insurance for ISHVs should address problems like higher probability to be involved in traffic accidents with older vehicles, bigger physical damage, the inability of motorists to pay for the caused damage, and the fact that many motorists in developing countries do not have any vehicle insurance.

Usually, most developing countries have in practice a «ballpark model». The ballpark model is a system under which users of a facility do so at their own risk. The risk of getting hit by a driver who has neither insurance nor the means to pay for damages is borne by other motorists. In most developed countries, compulsory vehicle insurance is already practiced for a long-time period. Some developing countries also realized the value of passenger vehicle insurance and motorists are required to own one otherwise they are not allowed to use their vehicles on roads.

Advantages:

a) Compulsory basic vehicle insurance improves the situation of traffic accidents victims and its initiators significantly

b) Compulsory basic vehicle insurance increases costs for old vehicle use in a much higher percentage (relative to the value of the vehicle) than for newer cars. That gives an economic incentive to own younger cars.

c) In combination with a road safety cent[41] might be an excellent opportunity to aggregate financial resources to improve road safety.

Disadvantages:

a) Compulsory basic vehicle insurance increases costs for vehicle use for all motorists and does not make any differences between rich and poor people. However, many poor motorists are economically dependent on the use of their vehicle and compulsory vehicle insurance might considerably increase their spending.

5. Additional public policy recommendations

There are a couple of other public policies that is of utmost importance to mention. Based on the demand analysis, the poor quality of public transport influences individual's choice to buy a car, especially an old car that will be cheap and a substitute for public transport. Therefore, it is important to improve the quality of public transport expanding its reach and making it safe, comfortable and reliable.

Another important recommendation is to make a more coherent policy regarding car use in terms of progressivity and environmental impact. Until very recently Mexico had three tax/subsidy approaches to vehicle use: a gasoline subsidy, a tax on the purchase of new vehicles (ISAN for its acronym in Spanish) and a tax on vehicle tenancy for cars younger than 10 years old. The first two are still in place while the third one has been recently abolished.

The gasoline subsidy is a bad policy in terms of both progressivity and environmental impact. By reducing gasoline price below its true market cost, the subsidy encourages an inefficient use of the fuel. For instance, people are persuaded to buy cars with a poor fuel economy, such as most ISHVs. It also encourages car use above of other cleaner transportation modes. Additionally, it favors richer people that have the possibility to buy a car, hence being regressive (CEESP, 2009).

On the other hand, ISAN has a progressive component since more expensive cars pay both a higher fix and a higher *ad valórem* tax; however, its environmental component is poor. By taxing just new cars, it creates an incentive to buy second-hand cars.

We believe that these recommendations should be complements rather than substitutes, since they can reinforce each other. For instance, border controls help to prevent old, poor condition and high polluting vehicles from entering the country, but and I&M programs prevent them from staying in use forever. Another example is that a higher price of gasoline encourages consumers to buy cleaner, more fuel-efficient vehicles and therefore it also allows them to save money in the I&M controls.

E. Conclusions

As we have shown the development of second-hand vehicles' trade between Mexico and the US has a significant impact on the Mexican vehicle fleet. In some months, the import of second-hand vehicles even exceeds the sales of new cars in Mexico. The problem is that these vehicles are usually very old already while imported and stay in use for a very long-time span. Additionally, they are often in a poor condition and have a bad fuel economy. This causes considerable environmental and road safety impacts. We have also shown

---

[41] A road safety cent approaches the most difficult problem in developing countries, which represents the funding for road safety projects. In the context of compulsory vehicle insurance, a certain percentage (between 1% and 10%) of the paid basic premium would go to a road safety fund.

that other countries in Latin America have a high demand for imported second-hand vehicles, and in countries like Peru it might even be a more severe problem.

After presenting the main supply and demand drivers in the market of SHVs between Mexico and the US, the analysis enabled us to recommend four policies that directly address the problems arising from a high importation of SHVs. Scrapping programs that target old, polluting ISHVs and create incentives for them to leave the fleet; I&M programs that encourage a good maintenance of vehicles; border inspection programs that guarantee that the ISHVs have a good emission's performance and a good condition at the moment of importation; and compulsory insurance that increases the cost of vehicle use while protecting drivers, passengers and pedestrians are recommendations that will improve road safety in Mexico and reduce the emissions from pollutant gases. These recommendations to not imply a total restriction against ISHVs, but they assure that ISHVs will fulfill given safety and environmental standards.

We also believe that the influence of complementary (gasoline) and substitute (public transport) goods on the demand for ISHVs should not be underestimated. Prices are signals, and by subsidizing gasoline, the market is sending the wrong signal to consumers, encouraging therefore an inefficient use of this fuel. Improving and expanding the public transport network is a must and policy makers should remember that the lion's share of Mexicans is not vehicle owner but public transport users.

A deeper analysis of the international market for SHVs in other Latin American economies would be a topic for future research, however, this was beyond the scope of this essay and considerable data limitations would be a shortcoming. Although Mexican data could be improved to keep a better track of ISHVs once they have entered the country, it already reflects how many vehicles were imported, their brand, type, model year, their fuel efficiency and the odometer mileage at the moment of importation. These are underreported features in the data collected by most LA countries and are needed to have a more comprehensive understanding on the trade of SHVs and develop a suitable set of public policy recommendations. Since this essay was just addressing the road safety and especially the environmental implications of ISHVs in Mexico, another interesting topic for future research would be to consider its economic impact.

F. Bibliography

Blows, S., y otros (2003), Vehicle year and the risk of car crash injury. In Injury Prevention 2003; 9: 353 – 366.

CEESP, (2009), «Por una reforma integral de las finanzas públicas», Centro de Estudios Económicos del Sector Privado, agosto de 2009.

Coninx, P., (1998), Vehicle Emissions Testing: Air Care, Drive Clean, and the Future of Inspection and Maintenance Programs, The Fraser Institute.

Davis, L., and Kahn, M., (2010), International Trade in Used Vehicles: The Environment Consequences of NAFTA. In American Economic Policy 2, November, 2010.

Kahn, J., (1986), Gasoline Prices and the Used Automobile Market: A Rational Expectations Asset Price Approach.

Kolke, R., (2005), Inspection & Maintenance and Roadworthiness. In: GTZ – Sustainable Transport: A Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities, Module 4b.

Harrington, W., and McConnell, V., Coase, (1999), «Car Repair: Who Should Be Responsible for Emissions of Vehicle in Use?» Discussion Paper.

Institute of Peruvian Studies, (2010) [en línea], <www.iep.org.pe/>.

Japanese Used Car Exporting (2010), [en línea], <japan-used-car-exporting.info/import/>.

Mexican regulation PROY-NOM-041-SEMARNAT-2006 (NOM-041).

OICA, (2008), Production Statistics [en línea], <oica.net/>.

Oliva, P., (2009), *Environmental Regulations and Corruption: Automobile Emissions in Mexico City* [en línea] <ssrn.com/abstract=1452843>.

Pelletiere, D. and K. Reinert (2002), *The Political Economy of Used Automobile Protection in Latin America* [en línea], <home.earthlink.net/~dpelleti/sitebuildercontent/sitebuilderfiles/Pellworldecon.pdf>.

SEMARNAT, (2008), «Importación definitiva de vehículos usados. Consecuencias e impactos ambientales» [en línea], <www.semarnat.gob.mx/>.

SUNARP, (2010) [en línea], <www.sunarp.gob.pe/Homepage.asp>.

Vaughan, R., (1996), *Analysis of the effect on safety on the ageing of the car fleet in NSW* [en línea], <catalogue.nla.gov.au/Record/2975344>.

Artículo II.3
Alternativas para el mejor aprovechamiento de la energía eléctrica

Gustavo Jiménez, Melissa Soto y José Alí Porras*
Consultores (Costa Rica)

Introducción

El desarrollo socioeconómico de los países está intrínsecamente vinculado al consumo de energía, por lo tanto, el acceso a fuentes de energía segura y confiable es un factor fundamental para el desarrollo y buen funcionamiento de los sectores productivos y con ello del crecimiento económico de las naciones. Siendo así es posible hablar de una correlación casi perfecta entre el grado de desarrollo de un país y el consumo de energía por habitante (UNED, España, 2009). Esta perspectiva hace suponer que extendiendo y profundizando el acceso a la energía entre la población se conseguirá, no sólo, mejorar la calidad de vida de los usuarios, sino además promover la aparición de actividades productivas donde antes no existían.

A pesar de que la energía por sí sola no es suficiente para crear las condiciones bajo las cuales se da el desarrollo económico, en definitiva, es necesaria, ya que especialmente cuando se combina con otros servicios básicos como el agua potable y la educación, brinda nuevas oportunidades de trabajo, y ayuda a aumentar la productividad y la participación en cadenas modernas de producción ampliando la diversidad y calidad de los productos elaborados (Castro y Porras, 2009).

Sin embargo, esta mejora en la calidad de vida e incremento en los factores de producción, generan a su vez, una espiral de crecimiento en la demanda energética, con lo cual, el mejoramiento de los niveles de vida de un país trae encadenado un incremento en el consumo de energía (González, 2005). De esta forma, los países al incentivar el crecimiento económico deben fomentar también la generación de energía, de cara a promover la independencia energética y el desarrollo sostenido a través del tiempo. Esto porque dependiendo de la fuente utilizada, la generación también puede ser uno de los principales condicionantes de aspectos capitales como la salida de divisas, la contaminación y múltiples daños ambientales (Cumbre de Johannesburgo, 2002).

Sumado a lo anterior, es necesario tener en cuenta dos aspectos cruciales en el tema energético: el primero, la seguridad en el abastecimiento de fuentes de energía a largo plazo; y el segundo, el impacto ambiental suscitado por la producción y el consumo de dicha energía.

El primer punto implica garantizar la disponibilidad de fuentes de energía no solo accesibles, sino seguras y a precios competitivos. Lo cual, de cara a la condición finita de los combustibles fósiles, implica promover la búsqueda de fuentes alternativas de generación, así como el desarrollo de tecnologías de producción cada vez más eficientes.

El segundo punto conlleva al correcto manejo del componente ambiental en las actividades de producción. A escala global cerca del 90% del consumo mundial se fundamenta en el uso de combustibles fósiles y biomasa, fuentes que debido a los procesos de combustión emiten gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera, convirtiéndose en una de las principales causas del Cambio Climático. No obstante,

* Contacto: Melisa Soto Arce (MBA INCAE Business School), Tel.: (506) 2430-9484 ● C.E.: melissa.soto@mae55.incae.edu.

las fuentes renovables tampoco están exentas de generar impactos ambientales en el entorno, siendo algunos de ellos la deforestación, el cambio o detrimento de los ecosistemas y del paisaje en general, inundación de territorios, reubicación de poblaciones o la generación de desechos peligrosos y altamente contaminantes como los generados por la fisión nuclear.

Adicionalmente y con la demanda como punto de referencia, el consumo energético igualmente genera impactos que repercuten de manera significativa en el entorno. Por ejemplo, el uso de tecnologías de producción poco eficiente y altamente contaminante en las primeras etapas de consolidación de los sectores productivos, principalmente en las naciones en vías de desarrollo, hace que el consumo de energía sea una de las principales fuentes de contaminación.

A nivel país el abordaje de estos puntos significa el desarrollo de políticas energéticas que promuevan la diversificación de las fuentes de aprovisionamiento, limitando la dependencia de otras naciones y de recursos específicos, el mejoramiento general de la eficiencia energética tanto desde la generación como desde el consumo, el fomento de un uso racional y una cultura de ahorro, así como potenciar el desarrollo de esquemas de consumo y distribución equitativos y responsables con el medio ambiente.

A. Costa Rica, situación actual del subsector electricidad

Costa Rica es un país con una extensión territorial de 51.100 km^2. Cuenta con una población ligeramente superior a los 4,5 millones de habitantes[42], de los cuales poco más del 60% vive en las zonas urbanas[43], las cuales se concentran en el Gran Área Metropolitana (GAM). El producto interno bruto (PIB) del país para 2009 fue de cerca de $29,49 billones[44] y el PIB por habitante anual de aproximadamente 6.500 dólares[45]. Esto coloca al país en un nivel medio de desarrollo económico. No obstante, es necesario señalar que casi un 18,5% de la población se encuentra debajo de la línea de pobreza y un 4,2% vive en condiciones de pobreza extrema[46].

El consumo de energía para 2009 ascendió a 24 millones de barriles equivales de petróleo (BEP)[47], lo que implica un consumo promedio de 5,5 BEP por persona; esto representa una cifra superior al resto de las naciones del istmo a excepción de Panamá (véase el cuadro II.3.5). Sin embargo, un factor significativo, es que la intensidad energética por unidad de producto todavía es alta, superando la unidad de barril de petróleo equivalente para la generación de 1.000 dólares de PIB (OLADE, 2009).

En términos de distribución, la fuente más importante de energía de la matriz energética son los hidrocarburos con 67%, seguida de la electricidad con 23% y finalmente un 9% que corresponde a biomasa (Molina, 2008). Lo anterior refleja una composición poco diversificada que repercute en una fuerte dependencia de los combustibles fósiles, lo cual supone un riesgo para el abastecimiento de energía, la competitividad y la sostenibilidad del crecimiento de la nación, ya que Costa Rica no produce, ni cuenta con fuentes probadas de hidrocarburos.

---

42 Véase: <www.inec.go.cr/Web/Home/pagPrincipal.aspx>.

43 Véase: <www.inec.go.cr/Web/Home/GeneradorPagina.aspx>.

44 Véase: IBD <www.iadb.org/research/LatinMacroWatch/CountryTable.cfm?country=Costa%20Rica&lang=es>.

45 Estimación realizada por los autores con los datos del IBD y el INEC.

46 Véase: <www.inec.go.cr/Web/Home/GeneradorPagina.aspx>.

47 Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), Energía en cifras.

Cuadro II.3.5
Centroamérica: datos generales de población y energía, 2009

País	Población (millones de habitantes)	Superficie (10^3 km^2)	Ventas de electricidad (GWh)	Usuarios de la red	IE	Capacidad instalada (MW)	Generación anual (10^6 kWh)	Cobertura eléctrica (porcentajes)
Costa Rica	4,5	50,9	8 248,6	1 415 040	1,15	2 500	9 236	99
Guatemala	13,0	108,9	6 910,0	2 353 445	2,60	2 369	7 978	86
Honduras	7,6	112,1	5 081,0	1 209 787	3,30	1 605	6 852	80
El Salvador	7,0	20,9	5 047,0	1 443 626	1,60	1 490	5 663	86
Nicaragua	5,7	139,0	2 297,0	720 015	3,90	969	3 196	66
Panamá	3,5	77,1	5 739,0	786 486	1,50	1 771	6 879	89

Fuente: Elaboración propia basada en datos del Estado de la Región, CEPAL y CEAC.

Esta situación provoca una importante salida de divisas, ya que sólo por importación de hidrocarburos se pagó en 2009 una factura de 1.232 millones de dólares, lo que equivale a cerca de 2.373 millones de litros[48] y a un 9,7% de las exportaciones del país para esa misma fecha. Sin embargo, aún más alarmante es que de esta cantidad únicamente un 5% fue destinado a la generación de electricidad, lo cual significa que aproximadamente 1.170 millones de dólares se utilizaron en el sector transporte como fuentes de energía mecánica y motriz (CEPAL, 2009).

En lo que corresponde a la electricidad, este subsector produce el 91% de la generación a través de la explotación de fuentes renovables, principalmente por medio de hidroeléctricas (78,2%, ICE, 2009) lo que le otorga al país un grado de autonomía en este campo, el cual difiere mucho con respecto al panorama del sector transporte.

En lo referente a la distribución de la potencia instalada, existe un parque de aproximadamente 2.415 MW. Del cual, casi un 63% corresponde a producción hidroeléctrica, seguido de un 25% generado a partir de centrales termoeléctricas, las cuales utilizan principalmente bunker y diésel, mientras que el 11% restante lo componen la producción geotérmica (7%) y eólica (4%), así como proyectos de cogeneración a través de biomasa de pequeña escala (0,1%), véase el gráfico II.3.1. (ICE, Sistema Nacional Eléctrico 2010).

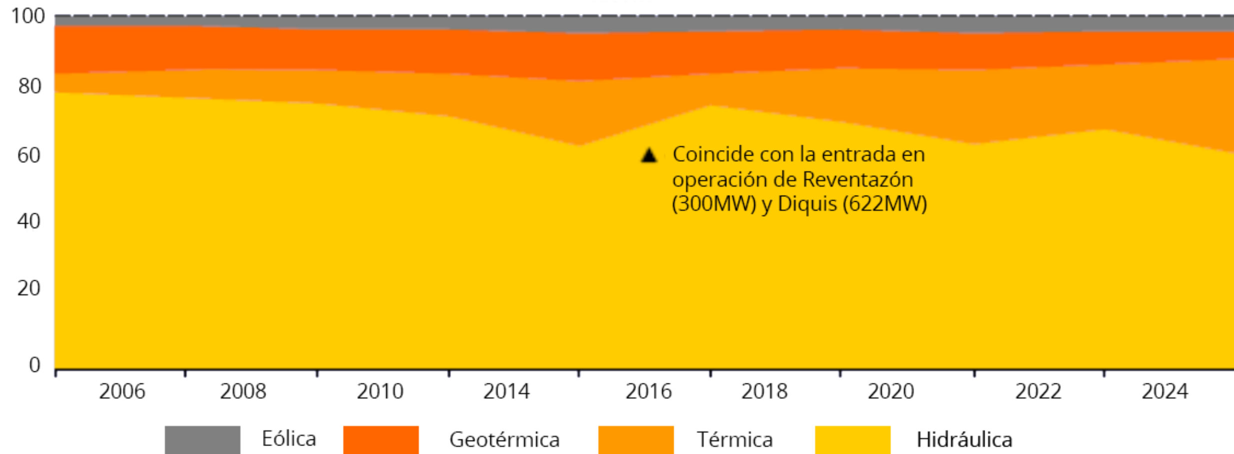
Sumado a lo anterior, el país dispone de un amplio potencial para la generación de energía desde fuentes renovables, el cual aún no está siendo aprovechado. Actualmente se explotan cerca de 1.700 MW, y de acuerdo con el Centro Nacional de Planificación Eléctrica (CENPE), se cuenta con un potencial en fuentes renovables, excluyendo el existente en los parques nacionales[49], de cerca de 4.600 MW, lo cual constituye más de dos veces la totalidad de la capacidad actual instalada (Fernández y Araujo, 2007). Véase el cuadro II.3.6.

---

48 Factor de conversión 158, 98 l/bbl americano, *Oil Industry Conversions*.

49 La ley prohíbe la explotación del recurso dentro del territorio protegido.

Gráfico II.3.1
Generación promedio anual esperada PEG-2005
(En GWh)



Fuente: Elaboración propia basado en el Plan de expansión de la generación eléctrica período 2006-2025, ICE.

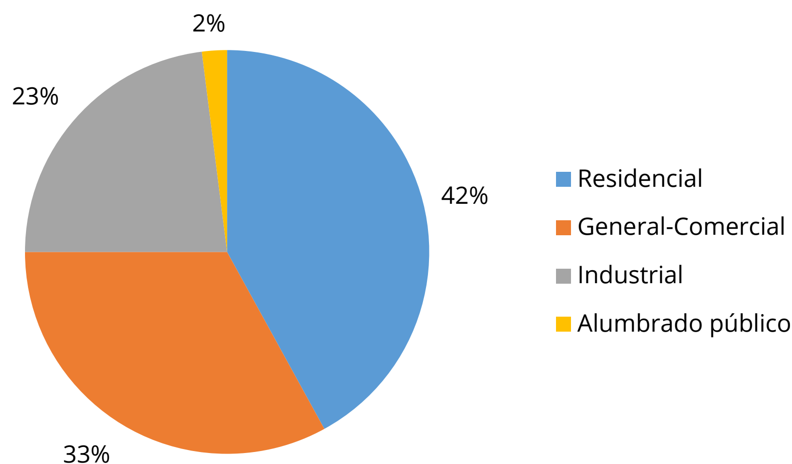
Cuadro II.3.6
Costa Rica: potencial remanente de energías renovables para la producción de electricidad
(En MW)

Fuente de energía	Potencial bruto estimado (WM)	Potencial disponible estimado (MW)	Potencial utilizado (MW)	Potencial en ejecución	Potencial remanente estimado (MW)	Comentario al potencial remanente estimado
Hidroeléctrica	6 633	5 851	1 469	128	4 254	Sin incluir potencial en P. Nacionales
Geotérmica	865	301	164	35	102	Solo zonas fuera de P. Nacionales
Eólica	274	274	66	50	158	Sin incluir potencial en P. Nacionales
Biomasa	300	104	20	0	84	Bagazo y palma africana
Total	8 072	6 530	1 719	213	4 598	Sin incluir potencial en P. Nacionales

Fuente: Centro de Información Comercialización mayorista UEN CENCE y estrategia de inversiones UEN- CENPE. Instituto Costarricense de Electricidad (Tomado de Fernández y Araujo, 2007).

En cuanto a los patrones de consumo se observa que es el sector residencial el que mayor demanda eléctrica presenta, con un 41,6%, seguida del sector industrial con 23,4%, el público con 10,9% y finalmente el de servicios con 10,8% (véase el gráfico II.3.2).

Gráfico II.3.2
Consumo de electricidad por sector, 2009



Fuente: Elaboración propia con datos del ICE, 2009.

B. Costa Rica, de cara a un cambio en el modelo energético

Costa Rica fue uno de los primeros países en establecerse como meta ser una nación Carbono Neutral para el 2021, lo que sumado a la disponibilidad de un gran potencial en energías propias y renovables, así como el haber identificado en el transporte, una de sus principales debilidades en cuanto a energía se refiere, lo deja en un punto de partida favorable para acometer acciones que le permitan corregir aquellos aspectos que limitan su desarrollo o lo colocan en una posición vulnerable de cara al acceso de recursos que afecten o disminuyen su potencial como país.

Una vez señalado el rumbo e identificados algunos de los principales puntos a atender, no queda claro entonces porque el sector político y administrativo, ha tardado tanto en tratar de dar respuesta a uno de los problemas que tantos componentes de atención engloba, como es el caso del sector transporte.

Actualmente la política estatal carece de una estrategia de reestructuración concreta y agresiva del sistema de transporte nacional, la cual repercuta de manera directa y positiva en un cambio importante en la matriz energética que alimenta este sector, evitando la dependencia de productos importados, el crecimiento de la factura por concepto de compra de hidrocarburos y disminuyendo la contaminación.

Las razones por las cuales Costa Rica no ha ahondado en medidas integrales para afrontar la situación pueden ser muchas, desde aspectos políticos e institucionales, hasta factores tecnológicos y económicos, los cuales además en ocasiones trascienden no solo el ámbito de decisión nacional, sino también los períodos o ciclos gubernamentales.

En términos concretos, se han valorado múltiples alternativas de cara a promover el establecimiento y la aplicación de tecnologías en sistemas de transporte masivo eficientes y amigables con el ambiente, que disminuyan no sólo la demanda de combustibles, sino que además promuevan una mejora en la calidad de vida y competitividad de la población, ya que en el país actualmente cerca de 1.000.000 de personas requieren de medios de transporte eficientes, confiables y seguros, para satisfacer sus necesidades de movilización (INEC,2009) y éstas se concentran de forma mayoritaria en el Gran Área Metropolitana.

C. Iniciativas conjuntas para el mejoramiento del transporte público

Ante la necesidad de movilización de un gran segmento de la población, el país ha valorado varias iniciativas dentro de las cuales se ha considerado la implementación de un sistema de transporte público eficiente e integrado denominado «Sectorización y modernización del transporte público», el cual debía conjugar una propuesta de metro-bus o «autobuses rápidos integrados»[50], con el desarrollo de estaciones de interconexión en la periferia de la ciudad, así como con otros proyectos como el TREM[51] y las Rutas Interurbanas.

No obstante, las autoridades de planificación no han tenido éxito en poner de acuerdo y consolidar los intereses de los diferentes sectores que participarían de estas propuestas, dentro de los que están entre otros el sector empresarial de transporte privado y el subsector eléctrico tanto privado como público.

Incluso se ha llegado a presentar oposición por parte de algunos gremios ante este tipo de iniciativas, por lo que los intereses particulares de cada sector siguen privando y el divorcio entre los distintos actores públicos y privados evita la materialización en este tipo de proyectos.

El aprovechamiento de la inversión privada como alternativa de financiamiento para el desarrollo de proyectos de esta envergadura es hoy en día una práctica inexistente. Se carece del desarrollo de incentivos que estimulen la participación de capitales de inversión, el sistema de fijación de tarifas en el país carece de la flexibilidad y eficiencia que demandan los inversionistas, lo que dificulta el tema de las estimaciones de rentabilidad para los proyectos.

En adición, el sistema legal está caracterizado por ser tremendamente procedimental, poco flexible y poseer una reglamentación excesiva, lo que facilita frenar rápidamente cualquier proyecto o iniciativa que vulnere intereses específicos, aunque el mismo presente demostrados beneficios para la población.

1. Proyecto del Tren Eléctrico Metropolitano (TREM)

Este proyecto fue planteado por el Ministerio de obras Públicas y Transportes (MOPT) con el fin de trasladar un promedio de 130.000 personas diarias (Oviedo, La Nación 2010), mediante el desarrollo de toda la infraestructura necesaria para habilitar un tren ligero de alimentación eléctrica, bajo la modalidad de concesión pública. El mismo conectaría el Gran Área Metropolitana desde la ciudad de Heredia, hasta San Pedro de Montes de Oca, haciendo uso del actual derecho de paso del ferrocarril, pero cambiando el ancho de vía, argumentando facilidades técnicas y reducción de costos en términos de operación y mantenimiento.

En la actualidad, la infraestructura existente está compuesta por un sistema de línea estrecha (1m), mientras que mundialmente, y principalmente en los países que fundamentan en el ferrocarril sus sistemas de transporte masivo, se utiliza la vía ancha (1,67m) o la estándar (1,43m)[52], factor que, de acuerdo con los promotores del proyecto, beneficiaría al país en el largo plazo al apostar por un sistema estandarizado.

El proyecto fue planteado antes de 2004 y pretendía inaugurar la primera fase en 2010; no obstante, para 2005 el Concejo Nacional de Concesiones detuvo indefinidamente el proyecto por falta de

---

50 Sistema de transporte con autobuses articulados que imita algunas características del sistema de metro, como vía exclusiva, alta capacidad, rutas densificadas alimentadas por sistemas secundarios, etc.

51 Tren Eléctrico Metropolitano (TREM).

52 La vía de 1.435 mm representa el 60% de la extensión total de la red ferroviaria europea.

financiamiento para poder desarrollarlo. El mismo llegó a estimarse en 340 millones de dólares[53] y actualmente sigue en fase de estudio.

2. Reactivación del sistema ferroviario existente

Otra de las alternativas planteadas fue la de reactivar el viejo sistema ferroviario para el transporte de pasajeros. Esta propuesta dio lugar a un piloto que inició con un servicio de transporte de pasajeros entre los sectores este y oeste de la capital[54], haciendo uso de la infraestructura ferroviaria existente y de máquinas locomotoras de diésel. Esta iniciativa se extendió posteriormente, a escala interurbana, conectando San José con la ciudad de Heredia (Oviedo, La Nación 2010).

Esta experiencia permitió estudiar el comportamiento de los usuarios, así como estimar la futura demanda de este tipo de servicio para las zonas no servidas actualmente, la cual no se ha hecho esperar, ya que ciudades como Alajuela y Cartago, ambas ubicadas dentro lo que se denomina Gran Área Metropolitana, están demandando el servicio (Gutiérrez, La Nación 2009; Villegas, La Nación 2010). Sin embargo, existen dificultades concretas a la hora de poner en marcha planes de expansión, principalmente por aspectos económicos, técnicos y de planificación entre otros.

Dentro del componente económico privan dos aspectos, primero los costos de la recuperación y reconstrucción de las vías supone una inversión significativa. Esto porque pese a que Costa Rica contaba originalmente con una infraestructura ferrovial que conectaba seis de las siete provincias que conforman su territorio, en el período de 1994-1998 el Estado tomo la decisión de cerrar el Instituto Costarricense de Ferrocarriles (INCOFER), argumentando pérdidas. Esto suscitó la inmediata desatención de la infraestructura, con el consecuente deterioro, robo y pérdida de segmentos completos de la vía.

Actualmente para la reconstrucción o habilitación de dichos tramos se revive la discusión de si mantener el ancho de vía existente, haciéndolo compatible con el trazado nacional o si apostar por una reconversión del sistema.

El segundo aspecto lo constituye el volumen de inversión requerido para poder desarrollar el proyecto, el cual a nivel nacional se ve condicionado a una combinación de empréstitos estatales, financiamiento extranjero y donaciones, entre otros, con las consabidas dificultades que este tipo de esquemas presenta para los países en vías de desarrollo.

Finalmente, a nivel de planificación, las instancias encargadas del manejo integrado del uso del suelo y del crecimiento urbano, no han dado la talla en señalar, y menos aún en hacer acatar, disposiciones que favorezcan la concentración y densificación de los actuales núcleos urbanos. En lugar de ello el modelo de crecimiento imperante está caracterizado por la dispersión, la baja densidad y el uso unifuncional del suelo, lo cual imposibilita alcanzar las condiciones mínimas para rentabilizar este tipo de propuestas.

---

53 Teletica, en línea.

54 Tarifa por persona en viaje redondo ronda los US $1,2 (Nacion, 2010).

3. Transporte eléctrico, una alternativa para el mejor aprovechamiento de la electricidad y disminuir la dependencia del petróleo

Costa Rica en la actualidad tiene el potencial que le permitiría reemplazar gran parte de los hidrocarburos que actualmente se utilizan en la generación de electricidad, si se aprovecha el potencial en energías alternativas que posee el país. No obstante, como se señaló anteriormente, la mayor parte de los combustibles adquiridos no son utilizados en la generación eléctrica, sino más bien mayoritariamente en transporte.

Actualmente el país destina aproximadamente un 52% de la energía y un 98% de los hidrocarburos al sector transporte (Molina, 2008). Sin embargo, a diferencia del resto de economías centroamericanas genera más del 90% de la electricidad por medio de fuentes renovables (Molina, 2008), lo cual le permitiría emprender acciones que contribuyan a disminuir la factura petrolera a través de estrategias de sustitución de fuentes de consumo.

Hoy, en el caso de los transportes, la principal fuente motriz es a base de hidrocarburos y las diversas estrategias que se han implementado se han enfocado en moderar la demanda, con planes de promoción del ahorro, reducción de los congestionamientos a través de la restricción vehicular en el GAM, y similares. En términos de oferta la única iniciativa probada se limitó a un plan piloto, aplicado en la provincia de Guanacaste, que consistió en mezclar bajos porcentajes de biocombustibles de producción nacional (etanol), a partir de aceite de palma y azucares de caña, con diésel o gasolina.

No obstante, de manera alternativa y mediante una correcta gestión, el excedente de la generación que actualmente se realiza con fuentes renovables podría canalizarse para ser utilizada en el sector transporte, haciendo uso de automóviles con motores eléctricos, ya que al presente y después de superar varias barreras tecnológicas estos vehículos han alcanzado un desempeño aceptable, con autonomías superiores a los 200 km por carga, velocidades de hasta 300 km/h[55] y bajos costos operativos. No obstante, como la mayoría de las nuevas tecnologías, presentan el inconveniente de una alta inversión inicial.

Esta oportunidad para replantear el esquema de alimentación de un sector, hoy por hoy, carbono intensivo como lo son los vehículos particulares, se podría alcanzar si se logra la transformación de la flota de vehículos de uso personal a sistemas híbridos o completamente eléctricos. La oferta en el país de tres modelos de autos cuyos sistemas son amigables con el ambiente, dos completamente eléctricos y uno híbrido, favorece esta perspectiva.

Los vehículos eléctricos (*Electric Vehicle*–EV), cuentan en el mercado nacional con modelos como el i-MiEV de Mitsubishi, el Reva de la casa hindú Reva Motors y el Prius de la casa Toyota, siendo este último un modelo híbrido (véase el cuadro II.3.7). Una de las principales ventajas que presentan estos vehículos es la prestación de un motor eléctrico altamente eficiente, que cuenta con un factor de aprovechamiento de la energía de entre el 85% y 90%, versus los motores de combustión interna los cuales no alcanzan a superar el 30%.

No obstante, pese a las mejoras tecnológicas y a contar con oferta de estos dispositivos, el mercado costarricense como tal tiene varias barreras internas que deben ser superadas a fin de promover la pronta difusión de tecnologías más limpias, para transporte particular. Razones como falta de difusión y familiarización de los usuarios con la tecnología, aspectos de rendimiento y autonomía de los dispositivos,

---

[55] El modelo *Ultimate Aero EV* de la compañía estadounidense Shelby Supercars puede alcanzar una velocidad de 332 km/h, recargando además en sólo diez minutos una batería que brinda una capacidad de desplazamiento de 240 km a 320 km.

así como tiempos de carga, costos de mantenimiento y costos de reposición de las baterías, son factores que desincentivan a los posibles compradores.

A estos aspectos deben sumarse otros factores como precios de compra relativamente altos, desconocimiento, por parte del usuario, de los períodos de recuperación de la inversión por ahorro en compra de combustibles y ausencia de incentivos estatales como exención de impuestos[56]. Este último como alternativa para promover el cambio de la flotilla vehicular del país.

D. Plan piloto en Costa Rica

Costa Rica cuenta con un parque vehicular de más 1.200.000 vehículos, de los cuales aproximadamente 792.000, cerca del 66%, son de uso particular[57]. Esto representa la mayor densidad de vehículos por habitante de Centroamérica[58], cifras con las cuales el país presenta condiciones aptas para realizar un plan piloto que permita sustituir un porcentaje de los automotores alimentados por hidrocarburos, por vehículos eléctricos, aprovechando el excedente de energía que producen las plantas y que, por no poder ser desconectadas durante los períodos de baja demanda, usualmente en horas de la noche, se desperdicia.

Cuadro II.3.7
Costa Rica: modelos de *EV* ofrecidos en el mercado nacional

Modelo	**Prius-Hibrid & Plug**	**i-MiEV[b]**	**Reva[c]**
Compañía	Toyota	Mitsubishi Motors	Reva Electric Car Company
Fabricación	EE.UU.	Japón	Bangalore, India
Características	Vehículo sedán cuatro puertas, tracción sencilla	Vehículo de cuatro puertas hatchback para hasta cuatro personas, tracción trasera	Vehículo de dos puertas hatchback para hasta cuatro personas, tracción delantera
Precio de venta	$35 000	$17 000 a 19 000[b]	$12 500 a 14 250[c]
Velocidad máxima	100 km/h modo EV 200 km/h modo Gas	130 km/h	65 km a 80 km/h
Autonomía	500 km	130 km a 160 km/h	65 km a 80 km/h
Potencia máxima	75 kW	47 kW	13 kW
Batería	Nickel-metal hydride (Ni-MH)	Lithium-ion 330 V	Ocho baterías de 6v de plomo ácido con una duración de 3.000 ciclos
Tiempo de carga	1 ½ horas	7 a 14 horas[d]	80%: 2,5 horas
Electricidad por carga	-	16-20 kWh	9 kWh
Eficiencia	13,3 km/litro		0,11 a 0,14 kWh/km
Costo por km[b]	0,2		0,20 a 0,24 dólares
Consumo diario	-		7,4 a 9,1 kWh
Costo diario			1,3 a 1,6 dólares

Fuente: Elaboración propia.

---

56 Existe un proyecto de ley que propone la exención total para este tipo de vehículos (artículo 97 del proyecto de Ley General de Electricidad); no obstante, se encuentra en estudio en el plenario.

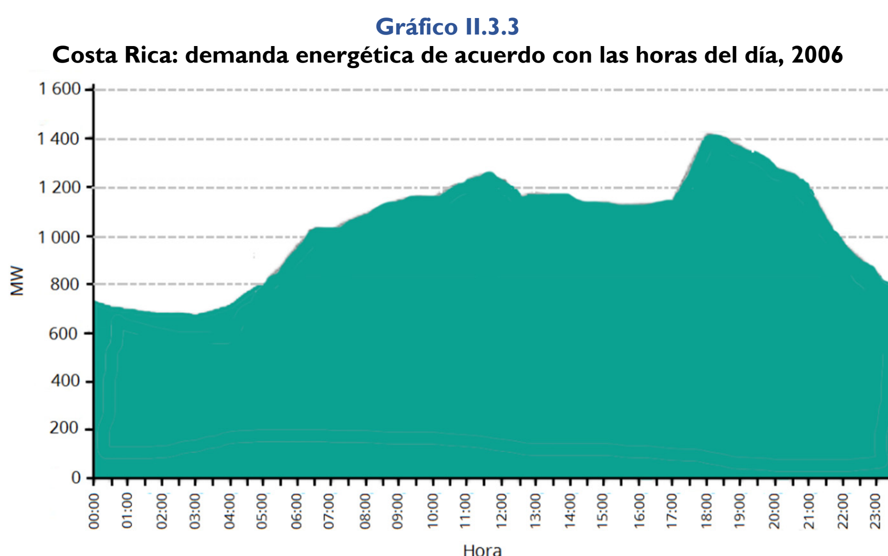
57 Liao, A. (2008).

58 En 2005 la densidad fue de un vehículo por cada 4,3 habitantes (Estado de la Nacion.or.cr-2008).

Para tratar de dimensionar el número de unidades que podrían reemplazarse, se realizó una estimación de los excedentes de oferta eléctrica que se dan cuando la demanda es menor a 1.000 MW[59]. Estos períodos de baja demanda, también llamados valles, ocurren aproximadamente entre las 10 p.m. y las 6 a.m. (véase el gráfico II.3.3). Para efectos de estimaciones se trabajó con el excedente disponible en las seis horas de menor demanda, las cuales representan un remanente promedio de 264 MWh aproximadamente.

En el cuadro II.3.4, se estimó que un EV con una eficiencia de 0,2 kWh/ Km, y que recorre diariamente un promedio de 66 km[60], necesitará cada noche al menos 13,2 kWh[61] por lo tanto con la energía sobrante se podrían cargar aproximadamente 20.000 unidades, lo que actualmente representa el 1,6% de la flota de vehículos particulares del país, y que significarían una disminución en el consumo de combustible cercano a 43,2 millones de litros anualmente[62].

Gráfico II.3.3
Costa Rica: demanda energética de acuerdo con las horas del día, 2006



Fuente: López, 2006.

Con el fin de poder hacer tangibles los beneficios de una propuesta de este tipo, la misma debería poder implementarse en un corto plazo, de manera que los ahorros por reducción en la demanda de combustible puedan ser claramente cuantificados y traducidos en flujos financieros susceptibles de direccionarlos de manera oportuna y efectiva a la producción de más energía limpia.

No obstante, dos consideraciones deben ser abordadas a fin de dar soporte a este argumento. La primera, la disponibilidad de compradores de vehículos a nivel nacional, dispuestos a remplazar su actual unidad por un EV no tiene el dinamismo requerido y las actuales condiciones de la economía local no hacen

---

59 Se utilizó la cifra de 1.000 MW ya que esta es la electricidad que demanda Costa Rica a las 6 a.m., hora en que termina el horario nocturno, cuyas tarifas son más baratas.

60 Según la página www.fueleconomy.gov del Departamento de Energía de los Estados Unidos, el promedio anual recorrido por un automóvil es de 15.000 millas o su equivalente (24.000 km).

61 Los carros que actualmente distribuye en Costa Rica Reva, tienen una eficiencia entre 0,11 kWh/km y 0,14 kWh/km.

62 Estimaciones en base a un recorrido anual de 24.000 km., con un tanque de 45 litros de capacidad y un rendimiento de 500 km/tanque.

suponer que dicha tendencia, en cuanto a demanda de estos dispositivos por parte de la población, pudiera mejorar o acelerarse.

Cuadro II.3.8
Automóviles: costo del combustible de acuerdo con diferentes tarifas de electricidad y diésel

Tipo de auto	Automóvil eléctrico (varía costo de compustible)		Automóvil diésel		
	A	B	C	D	E
Desplazamiento	24 000 km	24 000 km	24 000 km	24 000 km	24 000 km
Eficiencia	0,2 kWh/km	0,2 kWh/km	0,2 kWh/km	0,2 kWh/km	0,061 litros/km[b]
Costo combustible[c]	0,11 $/kWh	0,17 $/kWh	0,19 $/kWh	0,66 $/kWh	0,97 $/litros
Consumo[e]	4 800 kWh	4 800 kWh	4 800 kWh	4 800 kWh	1 464 litros
Costo por km	$0,023	$0,035	$0,039	$0,012	$0,06
Costo del combustible	$547	$835	$940	$288	$1 420
Ahorro con respecto al auto diésel	$875	$587	$482	$1 135	-
Ahorro con respecto al auto díesel[0] Plan piloto: 14 000	61%	41%	34%	80%	-
Ahorro	$12,2 millones	$8,2 millones	$6,7 millones	$15,8 millones	
Consumo 14.000 autos	62,7 GWh	62,7 GWh	62,7 GWh	62,7 GWh	$2x10^7$ litros

Fuente: Elaboración de los autores basados en fuentes externas.

Columna A: primeros 200 kWh a 10,2 centavos el kWh.
Columna B: segundos 100 kWh a 15,5 centavos el kWh.
Columna C: kWh adicional a 17,5 centavos el kWh.
Columna D: Horario residencial nocturno a 5,4 kWh.

[a] Cifras anuales
[b] Equivalente a 21 km/ litro o 50 millas/Galón. Esta estimación es una media de las eficiencias de motores diésel y turbo diésel de los motores de cinco fabricantes; Audi, Toyota, Renault, Mercedes Benz, BMW.
[c] Precio de un litro de diésel al 15 de febrero de 2011. Tarifa eléctrica CNFL, de acuerdo con ARESEP, febrero de 2011. Tipo de cambio promedio: 500 colones por dólar estadounidense.

La segunda consideración que es necesario abordar, es la capacidad del actual sistema de generación del país de soportar un incremento de la demanda de esa proporción. Como se expuso anteriormente, el país dispone a diario de períodos de baja demanda, donde parte de la energía generada se pierde. Sin embargo, ¿qué pasaría si por el contrario a lo que se infiere, y por condiciones particulares no abordadas en este artículo, la tasa de sustitución de la actual flota de vehículos privados sufriese una transformación agresiva a EV?

Una situación de este tipo, bien podría considerarse un feliz acontecimiento si solo limitamos este análisis a plantear como sustituir fuentes de energía; no obstante es cierto que la capacidad de respuesta de un país para poder generar energías limpias tiene períodos de tiempo e inversión que deben ser seriamente contemplados, ya que si se llegase a presentar cambios abruptos en los patrones de demanda, los costos para satisfacer dichos cambios serían muy altos, tornando un proyecto como este más bien en fuente de más problemas.

A fin de valorar esta condicionante se esbozó una comparación para ver cuál sería el punto en donde el país podría asumir un incremento en la demanda eléctrica producto de la carga diaria de EV y a partir de donde debería más bien afrontar una demanda no prevista, con el agravante de que la solución a corto plazo de este tipo de situaciones redundaría en el incremento de generación a través de fuentes fósiles.

Esto debido primero a los costos inferiores (en términos comparativos) de la inversión inicial, segundo a las facilidades comerciales de la tecnología, la cual es fácilmente reubicable o reasignable a otros proyectos; y finalmente por la configuración del sistema tarifario (véase el anexo 2), el cual en el caso de los sistemas de generación térmica permite trasladar el incremento en los costos de generación a los consumidores, de manera más directa.

Tal y como se observa en el cuadro II.3.9, luego de un porcentaje de sustitución de vehículos superior al 1,7%, se genera una demanda incremental no prevista que generarían costos significativos para poder satisfacerla. Por ejemplo, con una sustitución de 36.000 vehículos, que es el equivalente al 3% de la flotilla vehicular, la demanda en energía incremental equivaldría a 211,2 MWh, o a la construcción de 1,2 plantas de generación eólicas con capacidad de 50 MW o a 0,6 plantas de generación térmicas de igual capacidad. Con esto, pasaría de aprovecharse los remanentes de energía presentes en los valles de la curva de demanda a empezar a demandar energía extra del sistema.

Cuadro II.3.9
Demanda incremental de energía de acuerdo con porcentaje de sustitución

Sustitución autos eléctricos (en porcentajes)	Cantidad de automóviles	Demanda de energía (en MHh)	Energía excedente disponible (En MWH[a])	Energía incremental demandada (En MWh)
1,0	12 000	158	264	0,0
1,7	20 000	264	264	0,0
2,0	24 000	316	264	52,8
2,5	34 000	396	264	132,0
3,0	36 000	475	264	211,2
5,0	60 000	792	264	528,0
10,0	120 000	1 584	264	1 320,0

Fuente: Elaboración propia.
Nota: cantidad de energía excedente en el sistema durante los valles en la curva de demanda (véase el gráfico II.3.3 de esta sección). Capacidad excedente diaria se estima para un período de seis horas.

Esta necesidad incremental tendría costos diferentes dependiendo de la fuente de generación seleccionada (véase el anexo II.3.1), el cual podría oscilar entre 2.500 dólares y 3.500 dólares/kW instalado, si quisiera solventarse la demanda incremental a través de fuentes de energía renovables. Siguiendo con el ejemplo planteado, la construcción de una planta con capacidad de abastecer el consumo extra podría alcanzar un costo ligeramente superior a los $155 millones en caso de utilizar fuentes eólicas, o de poco más de $18 millones, en el caso de plantas térmicas.

Bajo este escenario, se torna evidente que una mala planificación de proyectos con alta demanda eléctrica para un país como Costa Rica, lejos de aportar los beneficios esperados podría más bien desencadenar un mayor consumo de combustibles fósiles, ya que la presión ejercida sobre el sistema debería subsanarse en el corto plazo, mientras que la planificación y ejecución de proyectos de generación de energía a través de fuentes renovables tomaría demasiado tiempo como para brindar una respuesta efectiva.

Esta condición hace necesario entender la necesidad de acometer este tipo de iniciativas gradualmente, de manera que pueda estimarse la demanda y los períodos de respuesta requeridos para la generación de más proyectos, permitiendo el avance hacia un modelo de transporte más sostenible desde el aspecto ambiental, económico y social, sin caer en la equivocación de asumir que la sustitución de las flotillas vehiculares por EV es «la alternativa» para alcanzar sistemas de transporte limpio.

Así, la alternativa de este país de reducir la flota de vehículos de uso discrecional debe reenfocarse a segmentos específicos, que cumplan de preferencia con características como alta rotación de las unidades de manera que se facilite el proceso de sustitución, con patrones de uso compatibles con las capacidades de los EV y que representen un grupo significativo como para que el mismo cobre relevancia y pueda aportar a la disminución de la factura petrolera de la nación, sin ejercer una demanda desproporcionada sobre el actual sistema eléctrico.

Un grupo o segmento que reúne estas y otras características favorables a la iniciativa planteada es el de los taxistas, el cual además es susceptible de fácil identificación dentro de un colectivo más numeroso y como tal, de aislar e incorporar en sistema de incentivos que permita acelerar la transformación.

Este grupo en la actualidad no solo utiliza vehículos altamente demandantes de combustible fósil y carbono intensivos, sino que, de acuerdo con la información disponible en el Registro Nacional, Costa Rica cuenta con una flotilla de taxis de unos 20.000 automóviles, de los cuales cerca de 14.000 ofrece servicios en la gran área metropolitana. Esto representa poco más del 1% del total de la flotilla nacional. Se considera pertinente trabajar inicialmente con los vehículos que sirven únicamente en el GAM ya que la tecnología de los EV todavía no ofrece la suficiente independencia y las prestaciones requeridas para servir las zonas rurales del país.

Sin embargo, este segmento presenta una escala apropiada de acuerdo con la disponibilidad de energía remanente, el cual además si se lograse el objetivo planteado, tendría un impacto significativo con la reducción de cerca de 168.000 toneladas de emisiones de CO_2 y sería responsable de una reducción estimada de 63 millones de litros[63] en la compra de combustible.

Adicionalmente, la transformación de la flotilla urbana de taxis significaría un buen ejemplo y lo suficientemente representativo y fácil de seguir, a fin de que los resultados de la iniciativa, de ser satisfactorios, puedan motivar el interés de los sectores vinculados a promover las acciones que permitan el crecimiento de este tipo de esquemas.

En importante señalar que modelos similares se encuentran actualmente implementados de manera exitosa en otras ciudades del mundo[64]. No obstante, en el contexto costarricense se considera necesario la promoción y vinculación activa del sector gubernamental, a fin de que la iniciativa cuente no solo con el apoyo requerido, sino que además puedan planificarse de modo integral los sistemas de soporte necesarios para la correcta ejecución.

Finalmente, en un intento por determinar si la iniciativa ofrecería algún atractivo para el segmento seleccionado, más allá del beneficio social y ambiental reportado, se estimó el ahorro concreto para el propietario actual de un taxi, en realizar un remplazo de su unidad por un EV.

---

63 Estimaciones en base a un recorrido anual para los taxis de 50,000km., con un tanque de 45 litros de capacidad y un rendimiento de 500km por tanque.

64 Véase el sitio <www.betterplace.com>.

Para poder determinar la diferencia entre el costo del combustible en un vehículo de diésel de muy alta eficiencia y un EV, se compararon diferentes tarifas residenciales de la CNFL con respecto al precio del litro de diésel. Como se puede observar en el cuadro II.3.8, el porcentaje de ahorro podría fluctuar entre el 34% y 61%, considerando las variaciones en el precio del kWh y dependiendo de los horarios de carga, pudiendo alcanzar ahorros de hasta un 80% si se aprovecha el período nocturno para la realización de las cargas. El Plan Piloto, bajo un panorama conservador, representaría una economía que estaría en un rango de entre 6,7 y 8,2 millones de dólares dependiendo del precio del kilovatio hora utilizado. Esta cifra se estimó sin incluir ahorros en aceites, líquidos especializados de motor, etc., lo cual implica ahorros moderados extra a considerar para la economía de los propietarios de las unidades, con lo cual se presenta como un esquema atractivo para éstos.

Unido a lo anterior, la reducción en toneladas de CO_2 anuales estimada, podrían ser comercializadas en el mercado como Certificados de Reducción de Emisiones (CER por su siglas en inglés), los cuales actualmente presentan precios cercanos a los 14,5 dólares por tonelada, lo que significaría un ingreso adicional estimado de 2,4 millones de dólares anuales, que podría canalizarse y servir como fuente de recursos para subsidios o destinarse al financiamiento de proyectos de generación de energía a través de fuentes renovables.

Este esquema abre la posibilidad de generar lo que podría considerarse un círculo virtuoso donde el dinero de los ahorros por reducción en compra de combustibles podría ser utilizado para la promoción de generación de más energía limpia, lo que a su vez habilita una mayor transformación de la flota de vehículos y mayores ahorros en el consumo de combustibles y menos contaminación.

De igual manera en la medida que el país diversifique la oferta para la generación eléctrica, haciendo uso del potencial renovable existente, podrá disminuir la dependencia y aminorar los impactos económicos de las facturas petroleras. Unido a ello se reducirán las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) y otros compuestos contaminantes a la atmósfera, generando un impacto positivo en la salud de los habitantes y los ecosistemas.

E. Bibliografía

Agüero, M. (2007), «ICE desperdicia capacidad de cogeneradores», *La Nación*, 29 de abril.

Casilda, R. (2002), «Energía y desarrollo económico en América Latina» en *Boletín Económico de Información Comercial Española (ICE)*, N° 2750, Madrid, España.

Castro, R., Porras J. (2009), «Papel de la Infraestructura en el Desarrollo Económico de Costa Rica» en *Obstáculos al crecimiento económico de Costa Rica (Academia de Centroamérica)*, Estudio Anual.

CEPAL (Comisión Económica para America Latina y el Caribe) (2010). *Centroamérica: Estadísticas de Hidrocarburos, 2009* (LC/MEX/L.975) [en línea], México. <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25934/1/lcmexl975.pdf>.

_______ 2004. *Estrategia para el fomento de las fuentes renovables de energía en Centroamérica* (LC/MEX/L.620) [en línea], Santiago de Chile <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25671/1/LCmexL620_es.pdf>.

De la Torre, T. (2007), «El futuro de la electricidad», en *Actualidad Económica*, San José, Costa Rica, octubre.

García, John J., Isabel Cristina Rojas y Natalia Velásquez (2005), *Análisis de la integración de mercados eléctricos: el caso de Centroamérica y oportunidades para Colombia*. Universidad EAFIT.

González, M. (2005), *Agua y energía: perspectivas, barreras y retos*, charla del Secretario Ejecutivo de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) en San Pedro Sula.

ICE (Instituto Costarricense de Electricidad) (2008), «Datos relevantes del sector electricidad de Costa Rica para 2007» [en línea], <www.grupoice.com/esp/ele/planinf/docum/datosgenerales_ele04.pdf>.

La Nación (2009), «Desatar la inversión energética», 22 de enero.

Liao, A. (2008), «Monitoreo de la contaminación ambiental en Costa Rica», ponencia, *Seminario Internacional sobre Monitoreo Atmosférico*, Ciudad de México [en línea], <www.ine.gob.mx/descargas/dgcenica/pres_sem_mon_atm_08_al.pdf>.

López (2006), «Usos de la electricidad para la obtención de hidrógeno a través de la electrólisis de agua», IE-0502, Escuela de Ingeniería Eléctrica, Universidad Nacional de Costa Rica, C.U. Rodrigo Facio,

Molina, A. (2008), *Balance energético nacional 2006,* San José, Costa Rica, Ministerio de Ambiente y Energía, Dirección Sectorial de Energía.

MOPT, GTZ, PNUD (2003), *Sectorización y modernización del transporte público en Costa Rica* [en línea], <www.google.com/search?q=SECTORIZACION+Y+MODERNIZACION +DEL+TRANSPORTE+PUBLICO%0Ben%0BCOSTA+RICA&rls=com.microsoft:es-cr:IESearchBox&ie=UTF-8&oe=UTF-8&sourceid=ie7>.

OLADE (Organización Latinoamericana de Energía) (2007), «Energía en cifras», Sistema de Información Económica Energética.

Paez de Barros, R. y otros (2008), «Midiendo la desigualdad de oportunidades en América Latina y el Caribe», Washington, D.C., Banco Mundial.

Pérez Arriaga, José Ignacio (2002), *Energía y desarrollo sostenible* [en línea], Madrid, España, Universidad Pontificia de Comillas [en línea], <www.oei.es/decada/portadas/MedAmbPDF4.pdf>.

UNED (2008) *Energía y desarrollo sostenible*, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid, [en línea], <www2.uned.es/biblioteca/energiarenovable3/sostenibilidad.htm>.

a) Entrevistas

COTAXA (2010), Edwin Barboza (gerencia) y Eddie Rodriguez (asociado) TA 889. Entrevista verbal a Gerencia COTAXA, julio.

ICE, ARESEP (2009), Barrantes Álvaro (director de Servicios de Energía). Entrevista verbal, junio.

b) Sitios Web

Banco Nacional de Costa Rica (2011) [en línea], <www.bncr.fi.cr/BN/index.asp?c=home>, [fecha de consulta: enero de 2011].

Better Place (2011) [en línea], <www.betterplace.com/>, [fecha de consulta: enero de 2011].

BID (Banco Interamericano de Desarrollo) (2011) [en línea], <www.iadb.org/research/LatinMacroWatch/CountryTable.cfm?country= Costa%20Rica&lang=es>, [fecha de consulta: enero de 2011].

Business News Americas (2011) [en línea], <www.bnamericas.com/news/infraestructura/ CNC_posterga_proyecto_Trem_por_falta_de_fondos>, [fecha de consulta: enero de 2011].

CNC (Consejo Nacional de Concesiones) (2011) [en línea], <www.cnc.go.cr/detalleBancoProyectos.aspx?id_producto=%2010>, [fecha de consulta: enero de 2011].

Economía de Costa Rica (2011) [en línea], <www.economiacr.com/2009/11/17/proyecto-tremrespuesta-a-los-reportajes-de-teletica/#more-32>, [fecha de consulta: enero de 2011].

Ferropedia (2011) [en línea], <ferrocarriles.wikia.com/wiki/Ancho_de_vía>, [fecha de consulta: enero de 2011].

Instituto Nacional de Estadística y Censo de Costa Rica (2011) [en línea], <www.inec.go.cr>, [fecha de consulta: enero de 2011].

La Nación (2011), periódico de Costa Rica, [en línea],

_______ <www.nacion.com/ln_ee/2009/febrero/19/pais1880191.html>

_______ <www.nacion.com/ln_ee/2009/septiembre/13/pais2090045.html>

_______ <www.nacion.com/ln_ee/2010/enero/04/pais2210537.html>

_______<www.nacion.com/2010-09-29/ElPais/FotoVideoDestacado/ElPais2537976.aspx> [fecha de consulta: febrero de 2011].

Oil Industry Convertion (2011) [en línea], <www.eppo.go.th/ref/UNIT-OIL.html>, [fecha de consulta: febrero de 2011].

Point Carbon (2009), prices of Certificate of emissions reduction (CER) [en línea], <www.pointcarbon.com/news/1.1035567#> [fecha de consulta: diciembre de 2009].

Prensa Libre (2011), «Arranca proyecto de tren eléctrico metropolitano», [en línea] <www.prensalibre.co.cr/2008/enero/23/nacionales13.php>, [fecha de consulta: enero de 2011].

REVA (2010), «Vehículos Eléctricos de Emisión Cero de Centroamérica, S.A.» [en línea] <www.revacr.com/>, [fecha de consulta: julio de 2010].

Shelby Super Cars (2010) [en línea], <www.shelbysupercars.com> [fecha de consulta: julio de 2010].

Rieles de Costa Rica (2011), «Nuevo tren eléctrico llegaría hasta el aeropuerto» [en línea], <www.rieles.com/website2010/index.php/noticias/internacionales/4700-costa-rica-nuevo-trenelectrico- llegaria-hasta-el-aeropuerto-> [fecha de consulta: enero de 2011].

Teletica (2011) [en línea], <www.teletica.com/noticia-detalle.php?id=21772&idp=1>, [fecha de consulta: enero de 2011].

Anexos

Cuadro II.3.A.1
Cálculo de energía incremental requerida por porcentaje de vehículos sustituidos

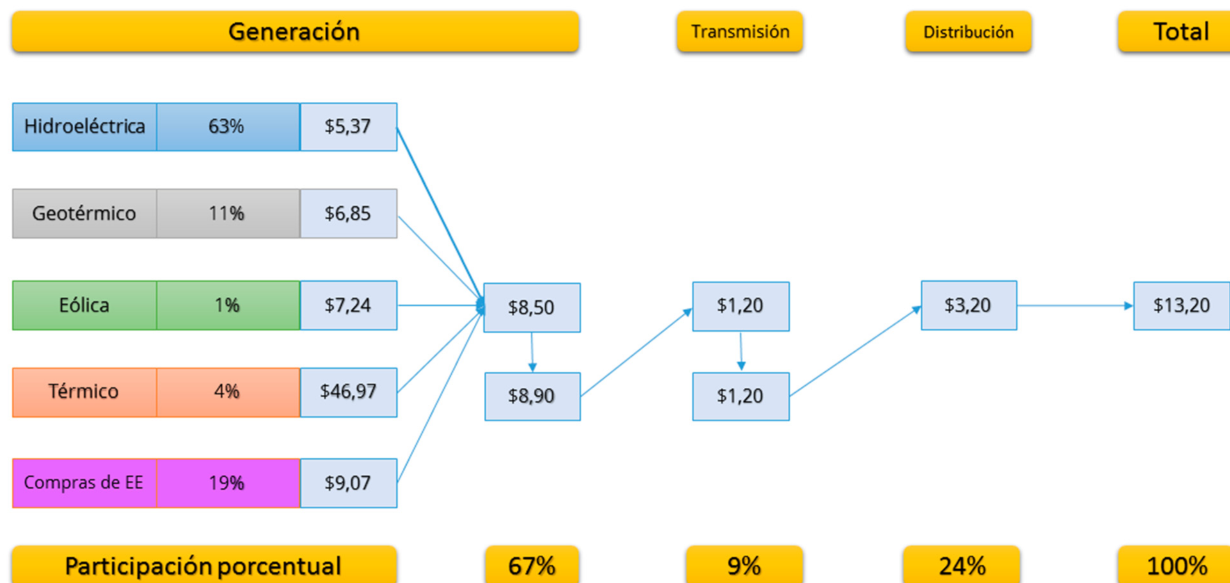
			Eólico[a]			Geotérmico[b]		
Recambio a EV (%)	**Automóviles incrementales**	**Demanda de energía incremental (en MWh)**	**Cantidad de plantas de 50 MW**	**Capacidad instalada necesario MW**	**Costo para satisfacer demanda (millones de $)**	**Cantidad de plantas de 50 MW**	**Capacidad instalada necesario MW**	**Costo para satisfacer demanda (millones de $)**
1,7	20 000	264*	-	-	-	-	-	-
2,0	4 000	52,8	0,31	15,5	38,8	0,13	6,3	22,0
2,5	10 000	132,0	0,78	38,8	97,1	0,31	15,7	55,0
3,0	16 000	211,2	1,24	62,1	155,3	0,50	25,1	88,0
5,0	40 000	528,0	3,11	155,3	388,2	1,26	62,9	220,0
10,0	100 000	1 320,0	7,78	388,2	970,6	3,14	157,1	550,0
15,0	160 000	2 112,0	12,42	621,2	1 552,9	5,03	251,4	880,0
20,0	220 000	2 904,0	17,08	854,1	2 135,3	6,91	345,7	1 210,0
30,0	340 000	4 488,0	26,40	1 320,0	3 300,0	10,69	534,3	1 870,0
			Hidroeléctrico[c]			**Térmica[d]**		
Recambio a EV (%)	**Automóviles incrementales**	**Demanda de energía incremental (en MWh)**	**Cantidad de plantas de 50 MW**	**Capacidad instalada necesario MW**	**Costo para satisfacer demanda (millones de $)**	**Cantidad de plantas de 50 MW**	**Capacidad instalada necesario MW**	**Costo para satisfacer demanda (millones de $)**
1,7	20 000	264*	-	-	-	-	-	-
2,0	4 000	52,8	0,19	9,43	28,3	0,15	7,54	4,5
2,5	10 000	132,0	0,47	23,57	70,7	0,38	18,86	11,3
3,0	16 000	211,2	0,75	37,71	113,1	0,60	30,17	18,1
5,0	40 000	528,0	1,89	94,28	282,9	1,51	75,43	45,3
10,0	100 000	1 320,0	4,71	235,71	707,1	3,77	188,57	113,1
15,0	160 000	2 112,0	7,54	377,14	1 131,4	6,03	301,71	181,0
20,0	220 000	2 904,0	10,37	518,57	1 555,7	8,30	414,86	248,9
30,0	340 000	4 488,0	16,03	801,43	2 404,3	12,82	641,14	384,7

Fuente: Elaboración propia.

* Energía remanente en sistema actual, su aprovechamiento no supone ningún costo para el país.
Estimaciones con base en:
[a] Planta de generación eólica con promedios de factor de planta de 40% al año, con una potencia instalada de 50 MW., con una producción anual promedio de 170 GWh. Costo del MW instalado: 2.500.000 dólares.
[b] Planta de generación geotérmica con promedios de factor de planta de 98% al año, con una potencia instalada de 50 MW., con una producción anual promedio de 420 GWh. Costo del MW instalado: 3.500.000 dólares.
[c] Planta de generación hidroeléctrica con promedios de factor de planta de 65% al año, con una potencia instalada de 50 MW., con una producción anual promedio de 280 GWh. Costo del MW instalado: 3.000.000 de dólares.
[d] Planta de generación térmica con promedios de factor de planta de 80% al año, con una potencia instalada de 50 MW., con una producción anual promedio de 350 GWh. Costo del MW instalado: 600.000 dólares.

Diagrama II.3.A.1
Estructura de los costos del servicio eléctrico del ICE, período 2009

($ Centavos/kWh)



Fuente: ICE, ARESEP, 2008.

Artículo II.4
Cogeneración: propuesta de regulación jurídica en Cuba

Dargel González González*
Universidad Central Marta Abreu de Las Villas (Cuba)

A. Aspectos generales de la cogeneración de energía

Desde los albores de la humanidad el hombre siempre necesitó energía para subsistir. Al principio, sus conocimientos sobre ella eran tan elementales como su necesidad de utilizarla; pero la vida en sociedad evolucionó hacia formas infinitamente complicadas y paralelamente se desarrolló nuestra dependencia de la energía, sobre todo de la electricidad, que se ha convertido en un elemento indispensable en nuestras vidas. En la actualidad, somos capaces de producir y controlar enormes cantidades de energía a partir, principalmente, de una variedad de combustibles fósiles que comparten un mismo destino: un día se agotarán irremediablemente.

Esta certeza impone la necesidad de encontrar otras formas de producir energía, de la que afortunadamente estamos rodeados y la encontramos en una amplia gama de manifestaciones: eólica, solar, hidráulica, geotérmica, mareomotriz, etc. También nos obliga a hacer un uso más sabio de las reservas que aún existen mediante el ahorro y el aumento de la eficiencia en los procesos industriales.

Cuba ha enfrentado en varias ocasiones serias dificultades con la producción de energía. A la situación común de la merma del combustible a escala global y del aumento desmedido de sus precios, habría que añadir la modestia de los recursos económicos nacionales lo que impide que los problemas energéticos en Cuba sean resueltos mediante grandes inversiones o considerables compras de combustible en el mercado internacional. Nuestra realidad enseña que la solución, o el paliativo, se encuentran fronteras adentro. El buen manejo de nuestros recursos energéticos ha sido, y es, condición indispensable para enfrentar crisis de esta índole.

Una de las formas de aprovechar con mayor eficiencia el combustible es la cogeneración de energía, ya que permite, a partir de una misma cantidad de energía primaria, obtener dos resultados industrialmente aprovechables: energía eléctrica (o mecánica) y calor. Este proceso no es desconocido en Cuba pues desde hace siglos se viene utilizando, sobre todo en el sector azucarero, aunque otras ramas de la industria también cogeneran.

La cogeneración se define como la producción secuencial de energía eléctrica y/o mecánica y de energía térmica aprovechable en los procesos industriales a partir de una misma fuente de energía primaria (Cinsneros Barrera, 2003), y es hoy, una de las mejores alternativas como método de conservación de energía para la industria, acorde con las políticas de globalización económica regional e internacional orientadas a lograr un desarrollo sostenible.

---

* Datos de contacto: Tel: (534) 228-1273 ● C.E.: dargelg@uclv.edu.cu.

La cogeneración es una técnica de eficiencia energética, entendida esta como el conjunto de técnicas que se aplican para mejorar el rendimiento de una instalación industrial cualquiera y ello implica:

a) optimizar el consumo de energía primaria, aumentando el rendimiento de los procesos de transformación de ésta;
b) aprovechar óptimamente las pérdidas, dándoles una utilidad paralela a la principal;
c) los sistemas eficientes energéticamente son cada día más necesarios por dos motivos básicos: i) por competitividad económica, pues suponen un aprovechamiento mayor de los recursos, y ii) por respeto medioambiental, pues se trata de producir más afectando en menor medida al medio.

De un lado se obtiene mayor provecho de la misma cantidad de energía primaria empleada, mientras que por otra parte se devuelve al medio menos energía en forma de pérdidas, que por lo general constituyen un factor contaminante.

No debemos confundir la cogeneración como técnica de eficiencia energética con las energías renovables. Estas son las que se obtienen de fuentes naturales virtualmente inagotables, unas por la inmensa cantidad de energía que contienen, y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales (Perez González, 2008), mientras que la eficiencia energética no es un tipo de energía en sí misma, sino que es aplicable a cualquier proceso de transformación industrial, sea éste basado en sistemas clásicos (convencionales no renovables) o renovables.

En una planta de generación termoeléctrica se quema normalmente un combustible fósil para producir vapor a alta temperatura y presión, el cual se hace pasar por una turbina para generar energía eléctrica. En este proceso, aún en las plantas más eficientes, se logra la conversión a electricidad de menos del 40% de la energía disponible como calor en el combustible; el resto se descarga a la atmósfera, mediante los gases producto de la combustión que salen por la chimenea del generador de vapor y en los sistemas de condensación y enfriamiento del ciclo termodinámico. Aunque la cantidad de calor que se desecha a la atmósfera es muy grande, es de baja temperatura relativa, es decir, de baja capacidad para realizar un trabajo útil dentro de una planta de generación eléctrica.

La mayoría de los procesos industriales y aplicaciones comerciales, requieren de vapor y calor a baja temperatura. Mediante la cogeneración, se puede combinar la producción de electricidad y calor para los procesos, aprovechando la energía que de otra forma se desecharía, como ocurre en las centrales termoeléctricas convencionales. Esta forma de aprovechar el calor de desecho es lo que convierte a la cogeneración en una fuente de energía extraordinariamente eficiente.

1. Clasificación de la cogeneración de energía

Dependiendo del sistema empleado para generar electricidad, existen diferentes formas de cogenerar; en el cuadro II.4.1 se resumen los principales tipos de cogeneración, así como sus diferentes ventajas e inconvenientes.

Los sistemas de cogeneración se pueden clasificar de acuerdo conl orden de producción de electricidad y energía térmica (Cisneros Barrera, 2003) en:

a) sistemas superiores (*topping cycles*), y

b) Sistemas inferiores (*bottoming cycles*).

Cuadro II.4.1
Principales tipos de cogeneración

Tipos de cogeneración	Ventajas	Desventajas
Turbina de gas	• Rendimiento global alto • Gran fiabilidad • Calor de alta temperatura • Rango de 0,5 a 100 MW • Gases con un alto contenido de oxígeno	• Limitaciones debidas al fuel • Período de vida relativamente corto (menos de 15 años)
Turbina de vapor	• Rendimiento global alto • Gran seguridad • Se puede usar cualquier tipo de fuel • Largo período de vida (más de 15 años)	• Baja proporción electricidad calor • No permite alcanzar un alto poder eléctrico • Gran costo económico • Arranque lento
Motor alternativo	• Alta proporción electricidad/calor • Gran rendimiento eléctrico • Bajo costo • Largo período de vida (más de 15 años) • Puede adaptarse fácilmente a variaciones de acuerdo con la demanda	• Alto costo de mantenimiento • La energía calorífica se dispersa en grandes cantidades y a baja temperatura

Fuente: Elaboración propia.

Los sistemas superiores de cogeneración, que son los más frecuentes, en ellos, la fuente de energía primaria (como el gas natural, diésel, carbón u otro combustible similar) se utilizan directamente para la generación de energía eléctrica. A partir de la energía química del combustible se produce un fluido caliente que se destina para generar la energía mecánica y la energía térmica resultante (el denominado calor residual, como vapor o gases calientes), es suministrada a los procesos industriales ya sea para secado, cocimiento o calentamiento, que constituyen el segundo escalón. Este tipo de sistemas se utiliza principalmente en la industria textil, petrolera, celulosa y papel, cervecera, alimenticia, azucarera, entre otras, donde sus requerimientos de calor son moderados o bajos.

En los sistemas inferiores la energía primaria se utiliza directamente para satisfacer los requerimientos térmicos del proceso y la energía térmica residual o de desecho, se usa para la generación de energía eléctrica en segundo término. Los ciclos inferiores están asociados con procesos industriales en los que se presentan altas temperaturas como el cemento, la siderúrgica, vidriera y química.

2. Evolución histórica de la cogeneración de energía

Aunque la palabra «cogeneración» fue inventada a fines de la década de 1970, el origen de la producción combinada de calor y potencia se remonta a varios siglos atrás.

La más antigua forma de combinación de producción de calor y potencia es la *smokejack* (también conocida como la chimenea de Jack o la chimenea voladora), la cual fue originalmente desarrollada en el Tíbet para mover las ruedas de oraciones durante las ceremonias religiosas. Este dispositivo se introdujo en Europa con la captura de esclavos tártaros a inicios del siglo XIV, y Leonardo de Vinci dibujó un bosquejo de uno de estos sistemas alrededor de 1480. Los comentarios al respecto son variados, como Montaigne (1580), John Evelyn (1675) y Benjamín Franklin (1758), refiriéndose a las *smokejacks* básicamente como pequeños molinos de viento instalados dentro de una chimenea y movidos por la ascendencia de los gases calientes del fuego. El movimiento rotatorio de las aspas era usado para mover un asador o un torno y la cantidad de movimiento dependía de la velocidad y masa del flujo de aire caliente y el diseño de las aspas. Anterior a la propagación de la electrificación en los Estados Unidos, a fines de la primera mitad del siglo XX, algunas granjas de este país todavía tenían dispositivos similares.

En 1832, Charles Busby usó la *smokejack* para mover una bomba para circular agua a través de tuberías para calentar y enfriar el aire en el interior de edificios. Hacia fines de siglo XIX, la *smokejack* se desarrolló en su forma moderna de turbinas de aire caliente. Aún hoy en día, las turbinas de gas son tecnológicamente descendientes de las turbinas de aire caliente; y el turbocompresor es un ejemplo de la aplicación moderna de la turbina de aire caliente.

Otra de las primeras aplicaciones de la cogeneración fue la utilización del aire comprimido para distribuir potencia hacia las áreas urbanas. Al final de la primera mitad del siglo XIX varias ciudades tenían sistemas de compañías suministradoras de aire comprimido, como fue el caso de la de París, que es tal vez el caso más representativo. Mediante este sistema, simples motores a base de aire podían ser instalados para accionar una gran variedad de equipos. Se tiene conocimiento de que al menos una compañía textil utilizaba la salida de aire de sus motores de la máquina de hilar para dar ventilación a los operadores, ya que la expansión del aire que pasaba a través del motor suministraba algunos grados de frío.

Como las fábricas crecían en tamaño y complejidad, los empresarios comenzaban a estar cada vez más interesados en el análisis de los diversos elementos que intervenían en los costos de sus negocios. Muchas empresas requerían de grandes cantidades de potencia, como las fábricas de hilados de algodón, localizadas fundamentalmente donde era posible la generación de potencia a partir de la energía hidráulica.

Una animada discusión pública sobre el costo relativo del vapor y la potencia generada hidráulicamente, se realizó en Boston a principio de la década de 1840, cuando los propietarios de algunas fábricas de hilados, expresaron su sorpresa al descubrir que la potencia generada con vapor no era más cara que la generada hidráulicamente, y algunas veces resultaba incluso más barata, particularmente, cuando la salida del motor de vapor era aprovechada en los procesos industriales o para mantener espacios calientes. El vapor también era mucho más confiable y no presentaba variaciones debido al clima o a la excesiva demanda de potencia o fuentes de agua.

Charles E. Emery, entrenado como ingeniero naval durante la Guerra Civil, escribió un detallado análisis sobre las ventajas económicas de la generación combinada de potencia y calor, en 1870. Después, trabajó como ingeniero para la Compañía de Vapor de Nueva York, la cual empleaba extensamente la generación combinada de potencia y calor.

La década de 1870 marca el arribo de las nuevas tecnologías al mercado de la energía en Europa y América. La propagación del uso del vapor en la Guerra Civil Americana capacitó a toda una generación de ingenieros, quienes propiciaron un enorme crecimiento en la generación de potencia con vapor en las últimas décadas del siglo XIX, incluyendo el nacimiento de la industria eléctrica y la invención de la turbina de vapor en Inglaterra, los cuales propiciaron la expansión del mercado de la generación combinada de potencia y calor.

Conforme las redes eléctricas se extendieron (subsidiando en no pocas ocasiones el precio de la electricidad) y el suministro de energía eléctrica se hizo más confiable, resultaba más barato abastecerse de este fluido de la red pública, es decir de las grandes centrales de generación. Así, los proyectos de cogeneración poco a poco se fueron abandonando. Más tarde, debido al incremento en el costo de la energía eléctrica, la problemática ambiental y al desarrollo tecnológico de los equipos, la cogeneración vuelve a ser rentable y por ello renace, principalmente, en el ámbito industrial.

Por el lado del desarrollo tecnológico, la cogeneración recibe su impulso más importante en la década de 1980, cuando se inicia la aplicación de las turbinas aeroderivadas en la generación de energía eléctrica, es decir, se toman las turbinas utilizadas en la aviación comercial y con pequeñas modificaciones se adaptan a tierra y se acoplan a generadores eléctricos que las transforman, por primera vez, en grupos turbogeneradores industriales.

En los tiempos actuales, los desorbitantes precios que ha llegado a alcanzar el combustible —pues si bien en ocasiones desciende su cotización en el mercado internacional, la tendencia sostenida es al alza—, la indetenible merma de las reservas y el futuro agotamiento del combustible fósil han motivado que la cogeneración sea objeto de interés no solo para propietarios de industrias en aras de lograr un aprovechamiento más eficiente de la energía; sino que, en virtud de sus beneficios, muchos gobiernos la han incorporado tanto a sus estrategias de desarrollo económico como a sus políticas ambientales.

3. Ventajas de la cogeneración de energía

La principal diferencia entre la generación convencional y la cogeneración es la cantidad de combustible empleado y el aprovechamiento que se hace de él.

En los sistemas de cogeneración el combustible utilizado para generar la energía eléctrica y térmica es mucho menor que el utilizado en los sistemas convencionales de generación de energía eléctrica y térmica por separado. Es decir, que del 100% de energía contenida en el combustible, en una termoeléctrica convencional aproximadamente el 33% se convierte en energía eléctrica, el resto se pierde a través del condensador, los gases de escape, las pérdidas mecánicas, las pérdidas eléctricas por transmisión y distribución, entre otras.

En los sistemas de cogeneración, se aprovecha hasta el 84% de la energía contenida en el combustible para la generación de energía eléctrica y calor en un proceso (del 25% al 30% para el eléctrico y entre el 54%

y el 59% para el térmico)[65]. Como consecuencia, se necesita menos combustible para generar igual o mayor cantidad de energía lo que hace que se reduzcan los gastos por este concepto abaratándose los costos de producción y aumentado la competitividad de la empresa.

Este no es el único beneficio de la cogeneración, a continuación, exponemos otras de sus ventajas frente a los sistemas convencionales de generación de energía.

En cuanto a la disponibilidad de energía eléctrica para la industria, una central de cogeneración permite disponer de una segunda fuente de suministro de energía eléctrica, además de la red, de alta confiabilidad; lo que redunda en una autosuficiencia eléctrica, así como en el aumento de la calidad y la continuidad del suministro de energía eléctrica.

Es beneficiosa también para el sistema eléctrico ya que disminuyen las inversiones en el mismo por concepto de transporte y distribución de la electricidad y contribuye a la estabilización de la tensión en la red (dado que mejora el equilibrio al reducir la intensidad eléctrica circulante desde las subestaciones de distribución hasta los consumidores) y, en consecuencia, reduce las pérdidas de energía en la red.

Las actuales tecnologías de control permiten asegurar una óptima calidad de la energía eléctrica generada, tanto en tensión como en frecuencia, superando en muchos casos a la de la propia red, inevitablemente influenciables por armónicas y desequilibrios de carga originadas por industrias vecinas.

Relativo a la generación de energía térmica normalmente implica una renovación del parque de calderas de la fábrica, lo que permite eliminar los equipos más obsoletos y dejar los más nuevos y eficientes para situaciones de emergencia o para complemento de los equipos de la central. De hecho, los equipos térmicos de las centrales de cogeneración son muy convencionales. En muchos casos son equipos que no disponen de un proceso de combustión, lo que prácticamente elimina su mantenimiento y permite que su disponibilidad sea muy elevada.

Existe una operación de mantenimiento muy especializada, que es la que debe realizarse en determinas áreas de los equipos principales: turbina de gas, turbina de vapor y motores alternativos. Este tipo de mantenimiento debe ser contratado en muchas ocasiones al mismo fabricante del equipo, el cual tiene un costo muy elevado. Sin embargo, para el resto de los equipos (calderas, equipos eléctricos, etc.), no se requieren atenciones especiales lo que hace que sus costos de operación sean bajos.

Algunas centrales de cogeneración son completamente automáticas y requieren de muy poca atención. Es suficiente con que exista un técnico encargado de la planta que la conozca completamente, que se ocupe de su supervisión y que pueda comunicarse con los fabricantes de los equipos y los encargados de mantenimiento para eventuales intervenciones mientras que su vida útil, si están adecuadamente mantenidas y operadas, puede extenderse hasta períodos de entre 20 y 30 años.

Otra gran ventaja de una central de cogeneración consiste en que se pueden utilizar varios tipos de energía primaria (petróleo, gas natural, carbón mineral o biomasa). Existe una opinión mayoritaria de que dentro de la gama de combustibles el gas natural es el más conveniente, el que menos contamina y el que permite disponer de sistemas de generación más modernos y eficientes (Cisneros Barrera, 2003). Asegura también la viabilidad de su operación al ser un combustible muy limpio. Habría que decir aquí que la

---

[65] Estos parámetros de aprovechamiento energético son variables en dependencia del tipo de combustible con el que se cogenera, la utilización de motores modernos y su mantenimiento. Aquí hemos expuesto los valores óptimos. Sin embargo, siempre serán superiores a los de un sistema convencional de generación de energía.

biomasa tiene la ventaja de ser una energía renovable, lo que brinda a las plantas que la utilicen como fuente de energía primaria una mayor seguridad en el abastecimiento de combustible.

En materia de seguridad las plantas de cogeneración disponen de modernos sistemas de control que minimizan la aparición de accidentes graves y su operación implica tener un control detallado de los consumos de energía eléctrica y térmica y del proceso industrial en general. Esto es siempre positivo, pues permite reconocer la aparición de ineficiencias dentro del mismo proceso productivo, que de otra forma posiblemente hubieran pasado desapercibidos.

En general una planta de cogeneración producirá una energía que será siempre más económica que la obtenida la red eléctrica. La razón de ello está en que su consumo específico será siempre inferior al de una planta de energía convencional que no pueda sacar provecho de sus efluentes térmicos (por ejemplo, los generados por las grandes centrales termoeléctricas).

La cogeneración reduce la emisión de contaminantes, debido principalmente a que es menor la cantidad de combustible que consume para producir la misma cantidad de energía útil. Además, los sistemas de cogeneración utilizan tecnologías más avanzadas y combustibles más limpios como el gas natural o la biomasa.

B. La cogeneración de energía en Cuba

En materia de cogeneración la industria azucarera ha llevado históricamente la vanguardia en este tipo de producción de energía en nuestro país; pero existen otros sectores que también la utilizan. No debemos caer en el error de masificar la cogeneración en base a sus muchas ventajas, pues todas las entidades económicas no pueden cogenerar, no solo porque carezcan de tecnología, sino porque no existen parejas necesidades de calor y energía. Este proceso, para su óptimo rendimiento, descansa en la premisa de que estos dos productos encuentren usos industriales en la entidad que los genera o bien que esta sea capaz de comercializar los excedentes.

El mayor potencial para desarrollar la cogeneración en Cuba se encuentra en el sector azucarero, pues este reúne las condiciones ideales, al ser un gran consumidor de calor y electricidad para sus procesos industriales y disponer a la vez de una fuente segura de energía primaria: la biomasa cañera. De acuerdo con cálculos aproximados, la producción de azúcar de caña deja como resultado 8.504.400 toneladas de bagazo (Fernández Rey, 2008) que pueden ser utilizadas para cogenerar 1.529,8 GWh/a de los cuales se entregarían al Sistema Electro-Energético Nacional 1.079,4 GWh/a[66].

Si bien hoy nuestros centrales azucareros se autoabastecen de electricidad durante la zafra y entregan cada vez mayores excedentes al Sistema Electro energético Nacional, existen otros sectores de la economía cubana con condiciones para asumir la cogeneración como forma alternativa de producción de energía.

Tal es el caso de la rama niquelífera cubana. La planta procesadora de níquel Ernesto «Che Guevara» se propuso poner en marcha un sistema de cogeneración industrial para reducir los consumos energéticos y buscar el autoabastecimiento de energía eléctrica. Tras su conclusión, la referida planta incrementará de manera apreciable la capacidad de cogeneración instalada, lo que contribuirá directamente a la expansión de la producción del níquel.

---

[66] Este rendimiento solo tiene en cuenta la utilización de tecnologías convencionales. Con tecnología de avanzada se alcanzarían los 1917,2 GWh/a cogenerados y la entrega al Sistema Electroenergético Nacional ascendería a 1457,4 GWh/a. Véase Fernández Rey (2008), págs. 18 y 19.

El logro de una mayor eficiencia mediante la utilización de esta forma de generación de energía es el hilo conductor de este proceso inversionista que permitirá a Cuba aumentar la entrega anual a 80.000 toneladas en una primera etapa, y posteriormente a 100.000 toneladas. Hablamos de niveles que colocarían a Cuba entre los primeros productores del mundo, logrados a partir de la acertada utilización de la cogeneración como una técnica de elevada eficiencia.

Otros sectores de la economía nacional, como el del turismo y los hospitales, obtendrían considerables beneficios de la aplicación de la generación simultánea de calor y energía eléctrica. En ambas instituciones se requiere, para diversos procesos industriales, tanto de electricidad como de calor que son obtenidos de forma separada, incrementando los costos de los servicios en el caso de los hoteles que ven escapar así una buena forma de abaratar sus ofertas con el consecuente aumento de la competitividad frente a sus homólogos del ramo. Los centros hospitalarios, por su parte, se convierten en grandes consumidores de combustible, lo que afecta directamente a la economía del país.

En nuestro país no existe, a diferencia de otros ordenamientos jurídicos, regulación legal para la cogeneración de energía. Sin embargo, sí contamos con legislaciones en materia de energía que, en virtud del principio de unidad del ordenamiento jurídico, deben ser tenidas en cuenta al momento de crear una futura norma legal que regule la generación simultánea de calor y electricidad.

La Ley No. 1287/75, Ley Eléctrica y su Reglamento: ninguno de estos cuerpos legales se refiere al a la cogeneración de energía pese a que ya por esa fecha este proceso había logrado incrementar su protagonismo en la generación de energía eléctrica a escala internacional. También se hizo caso omiso a la realidad cubana, pues en la década de 1970, y desde hacía siglos, se utilizaba la cogeneración en el sector azucarero de nuestro país como forma de generar electricidad, aunque con una participación muy pobre en comparación con la generación centralizada que realizaba el Sistema Electro energético Nacional.

No obstante, al momento de su promulgación se incluyó como uno de sus objetivos: el logro de la utilización racional y el máximo aprovechamiento de la energía eléctrica a partir de la actualización y unificación de diversas normas técnicas que regulaban esta materia.

El Decreto Ley 70 de 9 de junio de 1983, de la Comisión Nacional de Energía: que creó la Comisión Nacional de Energía, subordinada al Consejo de Ministros, que tiene la función de proponer al Gobierno la política nacional energética con recomendaciones y proposiciones concretas con respecto a la utilización racional, el ahorro, el desarrollo y las investigaciones de los recursos energéticos; dirigir el programa de acción que a esos efectos se elabore y coordinar el trabajo que en la esfera energética debían desarrollar los organismos de la Administración Central del Estado, los órganos locales del Poder Popular y las Comisiones Provinciales y Municipales de Ahorro de Energía (Pérez González, 2008).

El Decreto No. 115/83, sobre las Áreas Técnico-Energéticas y de Inspección Estatal Energética: en virtud del cual se establecieron las funciones y atribuciones de las Áreas Técnico Energéticas y de Inspección Estatal Energética, siendo la única normativa legal que expresamente se refiere a la cogeneración proponiéndose: estudiar y proponer la creación o reactivación de instalaciones basadas en el principio de cogeneración.

La Ley 81/97 del Medio Ambiente: consagra su Título Séptimo a los Recursos Energéticos. El cual está integrado por cuatro artículos que de forma general plantean que en el aprovechamiento de los recursos energéticos por cualquier persona natural o jurídica se tenderá preferentemente, siempre que ello sea viable, a la utilización de fuentes renovables de energía y de equipos, tecnologías y medidas técnicas y organizativas que estimulen la conservación y el uso eficiente de la energía. Se faculta al Ministerio del Azúcar, el MINAGRI y el MINBAS, oído el parecer del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente y demás órganos y

organismos competentes, a establecer las estrategias para el aprovechamiento de la biomasa como fuente de energía y otras alternativas tecnológicas tendentes al uso eficiente de las fuentes de energía y a la disminución de la contaminación ambiental. Por último, se establece que el MINBAS, oído el parecer de los órganos y organismos competentes, dispondrá las regulaciones referentes a la evaluación, aprovechamiento y protección de los recursos energéticos (Pérez González, 2008).

La Carta Circular No. 12 de 20 de febrero de 2005, del secretario del Consejo de Ministros y de su Comité Ejecutivo, la cual establece el «Programa de Eficiencia Energética y Administración de la demanda eléctrica».

El Anteproyecto de Ley Eléctrica para Cuba: esta propuesta de Ley Eléctrica, aunque no integra aún el ordenamiento jurídico cubano en materia de electricidad, forma parte de nuestro análisis pues presenta omisiones dignas destacar. En primer lugar, celebramos que incluya a la cogeneración en el Glosario de Términos de su Artículo 5, pero no pasa de ahí, puesto que no se vuelve a mencionar en el resto de sus artículos.

Es decir, una vez más, una normativa cubana general para el sector de la electricidad no incluye a este proceso que tantas ventajas puede aportar a nuestra economía y al medio ambiente. No somos de la opinión de que debe aparecer aquí una regulación exhaustiva de la cogeneración. Al contrario, defendemos la tesis de que debe existir una normativa independiente y exclusiva para regular la generación simultánea de calor y electricidad. Sin embargo, este Anteproyecto además de definir la cogeneración, debería añadir un Artículo en el que se exprese que la regulación especial de la cogeneración se incluirá en un Reglamento de Cogeneración que sería promulgado en fecha posterior, manteniendo la Ley Eléctrica un carácter supletorio en cuanto a lo no regulado.

C. Propuesta de elementos conformadores de la norma legal sobre la cogeneración de energía en Cuba

Una vez realizado el análisis de la realidad cubana en materia de cogeneración proponemos los elementos que deben conformar la normativa legal cubana sobre esta actividad. A nuestro juicio, la norma legal que regule este proceso debe ser una Resolución que contenga el Reglamento de Cogeneración. Proponemos además que en la Ley Eléctrica se haga una definición de la cogeneración como forma alternativa para producir energía y que expresamente se manifieste que la regulación específica de este proceso se regirá por una norma jurídica especial conservando la Ley Eléctrica un papel supletorio con respecto a todo lo no regulado. Una buena oportunidad de llevar esta propuesta a vías de hecho la tenemos en el análisis que se está haciendo de un anteproyecto de Ley Eléctrica donde pudieran incluirse estas sugerencias.

En cuanto a su estructura, consideramos que se puede prescindir de la división en Capítulos y redactarlo solo mediante artículos que traten los aspectos siguientes:

a) el objeto de la norma: debe consistir en la regulación del proceso de cogeneración, así como en su estimulación. Consideramos que no es acertado promulgar un Reglamento que solo aporte las reglas sobre la generación simultánea de calor y energía eléctrica, sino que este debe convertirse en un medio para estimular el aumento de entidades que utilicen en nuestro país esta vía alternativa de producción de energía[67];

b) el ámbito de aplicación de la norma: este aspecto debe elaborarse coherentemente con el objeto de la norma, si bien no se trata de repetirlo, pues no tiene cabida aquí la mención al estímulo a la cogeneración. El ámbito puede abarcar a las entidades que se dediquen a cogenerar, independientemente de si logran excedentes energéticos comercializables o no;

c) la definición de los términos que se utilizarán y serán objeto de regulación: al constituir la cogeneración de energía un proceso industrial, abundan los términos puramente técnicos. Conviene, a los efectos de la mejor comprensión de la norma, que estos sean debidamente conceptualizados. También debe incluirse aquí la definición de los elementos que están directamente relacionados con el objeto de regulación de la norma. Su diferencia con los términos técnicos consiste en que la definición de estos tributa fundamentalmente a la mayor claridad de la norma, mientras que aquellos guardan una estrecha relación con la cogeneración. Definiciones que no deben faltar son las de cogeneración, cogenerador y calor útil, por solo mencionar algunas;

d) la expresión de los requerimientos que debe cumplimentar la energía cogenerada para su comercialización: como producto, al fin y al cabo, la electricidad debe cumplir con ciertos estándares técnicos que permitan su utilización por la propia entidad que la genera y por aquellas que la adquirirán. A nuestro juicio, una futura norma jurídica cubana sobre la generación simultánea de calor y electricidad debe incluir las fórmulas necesarias para determinar si la electricidad que será generada por el cogenerador cumple con los requisitos necesarios para satisfacer las necesidades de los clientes, así como la penalización al mismo en caso de no cumplir con estos requerimientos;

e) la comercialización de los excedentes de energía: para las legislaciones extranjeras en materia de cogeneración la comercialización de los excedentes de energía es el elemento medular de su promulgación. En realidad, se puede afirmar que están hechos para brindarle un marco legal a la venta de la energía eléctrica sobrante[68]. Consideramos que una futura norma jurídica cubana sobre la cogeneración no solo debe contemplar la regulación de la venta de electricidad sino también de calor con fines industriales, en virtud de las múltiples aplicaciones de este producto. Con respecto a la compraventa de excedentes es importante señalar una raigal diferencia entre nuestro país y otras naciones: en el extranjero existe una fuerte participación de capitales privados en esta actividad mientras que el Estado cubano posee el monopolio de

---

67 En los Estados Unidos la Ley de la Política de Regulación de las Utilidades Públicas de 1978 (PURPA, siglas en inglés) desempeñó un papel crítico en el impulso a la cogeneración. La capacidad instalada en ese país pasó de menos de 10 GWe en 1980 a 48 GWe en 1998. Véase Vaillant Rebollar, J, Guillermo Quesada Ramos y Arnold Janssens (1998).

68 Tal ocurre en España con el Real Decreto 616/2007 sobre fomento de la cogeneración y en Colombia con la Resolución 85/1996 mediante la cual se reglamentan las actividades del cogenerador conectado al Sistema Interconectado Nacional (SIN). Otro tanto ocurre en Perú en virtud del Decreto Supremo № 064-2005-EM, que constituye el Reglamento de Cogeneración y en Ecuador con la Regulación No 001/09 del Consejo Nacional de la Electricidad (CONELEC).

la generación de electricidad. Este dominio estatal debe ser ejercido con prudencia y la política tarifaria debe constituirse en incentivo a la cogeneración y no en un factor de freno a la misma;

f) las condiciones para la conexión con el Sistema Electro energético Nacional (SEN): deben incluirse también las circunstancias bajo las que el SEN permitiría que esta entidad cogeneradora se integrara a la red eléctrica nacional, así como el recargo que debe pagar por la utilización de las redes de transmisión estatales;

g) las vías para estimular al cogenerador teniendo en cuenta la cantidad de combustible ahorrado en este proceso: si como proponemos, la futura ley se concibe como un estímulo a la cogeneración y no se dedica exclusivamente a su regulación, se debe implementar una forma de estimular a las entidades capaces de cogenerar. Una de esas formas puede consistir en premiar a los cogeneradores en base al ahorro que representa la diferencia entre el combustible que se consumió en el proceso de cogeneración y el que se hubiera utilizado en uno de generación convencional para producir igual cantidad de energía, y

h) la designación de un organismo encargado de las funciones de verificación y control del proceso de cogeneración: este organismo se ocuparía, en primer lugar, de verificar si las entidades que pretenden cogenerar cumplen con las condiciones estipuladas en el Reglamento de cogeneración. Aquí incluimos el control de que la energía producida alcance los parámetros de eficiencia y potencia requeridos para su comercialización y la verificación de que se cumplen las condiciones para la conexión del cogenerador al Sistema Electroenergético Nacional. En resumen, en este primer momento el organismo se encargaría de acreditar que la entidad cogeneradora cumple con las condiciones requeridas para desarrollar esta actividad, proceso que debe terminar con el otorgamiento o no, de una autorización administrativa. Además, dicho organismo debe estar facultado para certificar que esas condiciones iniciales se mantienen a los niveles requeridos, lo que sería resultado de controles periódicos que permitirían mantener la autorización otorgada, o dado el caso de incumplimiento, retirarla.

D. Conclusiones

La cogeneración de energía presenta, frente a los sistemas convencionales de producción de energía, numerosas ventajas en el orden económico, energético y ambiental. Esto hace de la cogeneración un sistema perfectamente viable que debe extenderse en el país por el ahorro de combustible que generaría (con la consecuente disminución de erogaciones por este concepto), la seguridad en el suministro de energía eléctrica o calor útil a entidades necesitadas de estos productos, el aumento de la generación de electricidad en el país y la reducción de las emisiones de gases a la atmósfera.

Aunque la industria azucarera cubana es la que presenta las mejores condiciones para cogenerar debido a su doble necesidad de electricidad y calor y a que puede utilizar el bagazo de la caña como combustible, no es el único sector de la economía que tiene capacidad para ello pues otras industrias como la del níquel y el sector hotelero, también pueden aplicar en sus procesos productivos o de prestación de servicios esta forma de generar energía.

En nuestro país no existe ninguna norma legal que regule la cogeneración de energía. Los elementos que a nuestro juicio debe contener una norma que se dedique a este fin están ya propuestos en este estudio. La disposición legal sobre cogeneración debe convertirse en un estímulo a la proliferación de la cogeneración, pues en virtud de todas sus ventajas este es un proceso merecedor de regulación en nuestro país. Dicha norma, en cuanto a la comercialización de excedentes energéticos, no solo debe dedicarse a la

compraventa de la energía eléctrica excedente, sino que debe referirse también a las probables transacciones comerciales relativas al suministro de calor con fines industriales.

A diferencia de como ocurre en otros países, se debe promulgar una norma no solo con el objetivo de reglamentar la comercialización de excedentes de energía, sino que además debe premiar a los cogeneradores en relación directa a la diferencia entre el combustible que se consumió en el proceso de cogeneración y el que se hubiera empleado de haberse utilizado un sistema convencional de generación de energía y teniendo en cuenta también el proporcional ahorro de divisas para el país.

En virtud a los positivos efectos la cogeneración sobre el medio ambiente, la coherencia de nuestra Política ambiental exige también la Reglamentación de la generación simultánea de energía eléctrica y calor pues de acuerdo con lo que hemos visto, la cogeneración tiene considerables implicaciones ambientales, energéticas y económicas por lo que, incluso si no produjera excedentes de energía, debemos regular y estimular la cogeneración de energía en Cuba, haciendo de ella una parte de la solución a nuestros problemas energéticos.

E. Bibliografía

Cisneros Barrera, D.V. (2003), *Tesis de Máster: Integración de la Cogeneración en el Mercado Eléctrico*, Madrid, España, Universidad Pontificia Comillas, pp. 9, 12 y 13.

Fernández Rey, J. (2008), «La cogeneración y el ahorro de energía. Introducción a las técnicas de cogeneración», ponencia de la *Onceava Convención Internacional de las Industrias Metalúrgica, Metalmecánica y del Reciclaje METÁNICA 2008*, pág. 15.

Pérez González, M. (2008); *Tesis de Especialidad: Marco Regulatorio de las energías renovables*, Santa Clara, Cuba, Universidad Central «Marta Abreu» de Las Villas, pág. 9.

Vaillant Rebollar, Julio, Guillermo Quesada Ramos y Arnold Janssens (1998), *Consideraciones preliminares acerca de los sistemas de cogeneración para instalaciones hoteleras en condiciones cubanas de operación.* Centro de Estudio de Tecnologías Energéticas Renovables (CETER, CUJAE), Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía (CUBAENERGÍA), Departamento de Arquitectura y Planificación Urbana, Cuba, La Habana.

Artículo II.5
Enlazando gobiernos locales sostenibles

Rosalía Soley *
Ecodesarrollo (San Salvador, El Salvador)

A. Introducción

Poco a poco la «estantería» global de los recursos se está agotando

El papel de los recursos naturales energéticos es estratégico, especialmente en América Latina por su ubicación geográfica, ya que es una región productora de energía por sus reservas de hidrocarburos y gran potencial hidráulico. Estos recursos son llamativos para que grandes empresas y países compitan por obtenerlos para su control y generar beneficios. Es ahí donde se generan situaciones complejas que involucran tanto a políticas del Estado como transnacionales y organismos internacionales, con una gama de instrumentos jurídicos, legales y económicos que mantienen luchas desiguales sometiendo a grandes conflictos a países ricos en naturaleza, pero empobrecido.

La voracidad energética mundial no para de crecer, haciendo más poderosas a las multinacionales que controlan la energía. Estas a su vez, presentan un modelo de consumo como una realidad idílica mientras ocultan el enorme impacto ambiental, social, cultural y económico que conlleva su implementación y desarrollo.

El modelo energético es uno de los componentes claves que definen a una sociedad. El sistema de producción, distribución y consumo energético establece aspectos como la estructura y el crecimiento económico, organización social y el grado de conservación y de la biodiversidad.

De acuerdo con datos de la *BP Statistical Review of World Energy 2006* «...en el mundo la demanda de energía de 2005 a 2006 ha aumentado en un 2,4%, siendo para América Latina y el Caribe de 4,1%. Este incremento fue causado por el desplazamiento masivo de la población a las ciudades, la creciente industria motorizada y la concentración de capital por la demanda de energía». Para el caso de la región centroamericana su consumo de kilovatios por hora se encuentra entre 1.000 y 100.000, muy por debajo que el consumo de los Estados Unidos (+1.000.000) (Wikimedia Commons, 2007).

El motor que mueve el crecimiento del sistema de consumo es la electricidad, la cual es necesaria para el desarrollo de actividades básicas como la educación, salud, transporte o el comercio. Su demanda ha sido incrementada considerablemente en las últimas décadas en función de diferentes recursos energéticos como generación térmica (carbón, petróleo y gas natural) posee casi un 50% de uso para electricidad, hidroeléctrica en 16%, nuclear (16%), desechos orgánicos, biomasa, solar; entre otros aproximadamente en 2% (Agencia Internacional de Energía, 2006).

Hacia 2006, para Centroamérica el 49% correspondió a la generación hidroeléctrica, 7% a la geotérmica, 3% a la cogeneración y un poco menos de 1% a la eólica, para un total de 60%. El resto correspondió a plantas termoeléctricas (CEPAL, 2006).

---

* Datos de contacto: Tel.: 00 (503) 22745416 ● móvil: 00 (503) 77379118 ● C.E.: rosaliasoley@gmail.com.

El Salvador genera electricidad en un 36,1% de tipo térmico; 36,5% hidroeléctrico; 25,5% geotérmica; 1,9% de biomasa y un total en teravatios/hora de 4,68, siendo el segundo país en Centroamérica que genera menos energía después de Nicaragua, con 2,72 tervatios/hora (International Energy Annual, 2008).

El acceso de electricidad en Centroamérica es un reflejo de la desigualdad que se vive. Mientras se fomenta la construcción de grandes centrales de generación eléctrica para alimentar el consumo de la industria y sectores con mayores ingresos, se estima que la mitad de la población no dispone del servicio.

Con la reforma neoliberal-mercantilista, de corto plazo, ineficiente, derrochador de recursos naturales; que se comporta con los ecosistemas como si esta fuera la última generación que habitara nuestro territorio. Como es el caso de las empresas transnacionales con respecto a la electricidad lo tienen como mercancía, la que se apropian; provocando un conflicto entre la población afectada por la construcción de este tipo de proyectos y las empresas que quieren tener beneficios del negocio.

La falta de una visión global del sistema eléctrico ayuda a desconectar entre las consecuencias del consumo energético y los actos de consumidores/as, además que no haya un control social sobre las políticas de la administración y las compañías responsables de gestionar el servicio eléctrico.

Existe una variada gama de alternativas energéticas que pueden ayudar a solucionar las necesidades de energía que tiene la población y que mejore el acceso democrático. Se deberá tener de forma holística la grave crisis socio ambiental que padece nuestro país, de su alta vulnerabilidad y riesgo a desastres, en particular los derivados de la alteración del ciclo hidrológico y por los severos impactos del cambio climático, cuya tendencia es a agravarse rápidamente en años próximos. Al mismo tiempo, la crisis energética nacional no se puede desvincular del precio del petróleo, la crisis mundial financiero y alimentaria; de los conflictos mundiales por el acceso a las reservas de los combustibles fósiles, entre otras.

El ensayo brinda propuestas de medidas de ahorro y eficiencia energética en la administración local, la cual está relacionada con la gestión de edificios, instalaciones e infraestructuras públicas, necesidades de movilidad personal y las medidas sociales y educativas del personal. Estas últimas inciden en la población. Además, aporta con los principios y lineamientos generales para una Política de uso racional y eficiencia energética local-regional.

En consecuencia, los párrafos anteriores, al abordar el tema de energía, pongo en el centro, la promoción de la sostenibilidad (es decir, pensando en la perdurabilidad de las bases materiales y naturales de vida que permitan relaciones justas entre las actuales y las futuras generaciones de salvadoreños(as).

B. Metodología

La energía constituye un pilar fundamental para el desarrollo de un país. La alimentación, educación, salud, y transporte, elementos básicos para llevar una vida digna en la actualidad, no son posibles sin un sistema proveedor de energía a la población.

La transición hacia una política sostenible de energía eléctrica requiere de una estrategia efectiva de ahorro, a través del uso racional y eficiente que posibilite controlar la demanda. Es ahí donde los gobiernos locales tienen una gran responsabilidad, ya que son las que tienen contacto más directo con la población con respecto a las problemáticas y necesidades territoriales.

Como bien se dice, «desde la casa para arreglar lo de afuera». Este ensayo pretende dar los lineamientos para elaborar un plan de uso racional de la energía y eficiencia energética a nivel institucional y que permita el diseño y la implementación de una Política de uso racional y eficiencia energética en donde

la gestión energética sostenible sea un eje estratégico de acción de todas las gerencias y/o áreas que se dividen los gobiernos locales.

Dentro de la Agenda 21, realizada en Río de Janeiro en 1992, hay dos puntos que resalto, los cuales están directamente vinculados a las bases de acción en políticas y estrategias nacionales para el cambio de «cultura» de un consumo insostenible a uno sostenible.

> *«Para lograr los objetivos de calidad ambiental y desarrollo sostenible se requerirá eficiencia en la producción y cambios en las modalidades de consumo para dar prioridad al uso óptimo de los recursos y a la reducción del desperdicio al mínimo. En muchos casos, eso requerirá la reorientación de las modalidades existentes de producción y consumo, que las sociedades industriales han desarrollado y son imitadas en la mayor parte del mundo» (Agenda 21, 1992).*

> *«Es posible lograr progresos mediante el fortalecimiento de las tendencias y orientaciones positivas que están surgiendo, como parte de un proceso cuyo objeto es cambiar en forma significativa las modalidades de consumo de la industria, los gobiernos, las familias y las personas» (Agenda 21, 1992).*

Un actor fundamental para realizar un cambio de prácticas es el gobierno en general, tanto sus instancias públicas como los gobiernos locales, que son las que tienen un consumo alto de recursos energéticos en términos de contratación y adjudicación de obras y servicios; además deben de ser un ejemplo a los diversos sectores en la forma como se utiliza y gestiona dichos recursos.

La gestión municipal es la encargada de facilitar y crear vías de concertación entre el sector público y privado, además es el vínculo entre las instituciones estatales y la ciudadanía. De esta manera, la propuesta está centrada en las municipalidades, las cuales tienen contacto más directo con la población con respecto a las problemáticas y necesidades territoriales, transformen el entorno económico, social y territorial con el fin de incrementar la calidad de vida de la población.

Por otra parte, al estar de forma más directa con la ciudadanía son un ejemplo en los cambios de buenas prácticas e instrumentos de políticas públicas locales para una administración y gestión integral.

Las municipalidades tienen doble responsabilidad con respecto a la eficiencia energética, la creación de políticas públicas que retomen la protección ambiental y equidad social; y a la vez la implementación de estas políticas a su funcionamiento institucional, tanto del papel de consumidor como de productor (demanda y oferta).

Tener medidas de uso racional de la energía y eficiencia energética en la administración municipal se relaciona con la gestión de edificios, instalaciones e infraestructuras públicas, necesidades de movilidad personal y las medidas sociales y educativas del personal, que a la vez incorpore el trabajo local a través de la sensibilización a la población.

Es necesario partir de principios para lograr el uso eficiente y racional de la energía, mediante la mejora de las tecnologías de generación, consumo y ahorro de los diversos sectores y niveles (local, municipal y nacional), los cuales a nivel de instituciones públicas deben de ser retomados para su gestión tanto interna como externa.

C. Principios

a) ***Soberanía energética***: sector energético modernizado, robusto y eficiente, que garantice la producción local y suministre bienes y servicios energéticos a la población salvadoreña con tecnologías limpias, seguras y modernas, lideradas por las comunidades y las cuales contribuyan a la sostenibilidad del país.

b) ***Integralidad u holismo***: se deben buscar nuevos equilibrios espaciales considerando la planificación socioeconómica y ecológica, y el uso de los bienes naturales conjuntamente. La energía vista desde un enfoque multidisciplinario, la cual contempla la unión de la posición entre lo global y lo local desde lo normativo, innovador, político, negociador y basado en el aprendizaje social.

c) ***Energía como derecho humano fundamental y bien común***: alcanzar el acceso equitativo, es decir en cantidad y calidad de energía eléctrica suficiente para vivir con dignidad.

d) ***Sistema energético en pequeña escala***: cambiar la noción de que los proyectos a gran escala son la solución para las necesidades energéticas del país. Se debe promover el autoabastecimiento de energía en el sector residencial, gubernamental e industrial, mediante el aprovechamiento de fuentes sostenibles, con el fin de transforma al sistema energético en uno más eficiente.

e) ***Participación democrática en la gestión energética***: deben de participar todos los sectores e intereses en el desarrollo, implementación e incidencia de políticas e instrumentos públicos a nivel local y nacional.

El objetivo de este Plan de Ahorro y eficiencia energética es introducir el enfoque de uso racional y eficiente de energía en la gestión municipal. Es necesaria la definición de medidas eficaces y adecuadas de acuerdo con las condiciones de la municipalidad y el fortalecimiento del personal, en términos de educación e implementación en las diferentes áreas de trabajo.

El ahorro institucional puede aumentar dependiendo de cómo se aplican los ajustes necesarios.

Las medidas que se explicaran a más detalle a continuación, no todas estas precisamente tienen costos económicos y otras que, si requieren, pero que se pueden resolverse con la reinversión del ahorro obtenido por aplicar otras medidas.

D. Plan de uso racional de la energía y eficacia energética

Para iniciar *Plan de uso racional de la energía y eficacia energética* se debe contar con una metodología de intervención con diferentes fases para lograr la implementación de dicho plan.

1. Etapa 1

Objetivo**:** Contar con un acuerdo en dos partes, uno a nivel de Consejo del Gobierno Local de incorporar el compromiso como un eje transversal de trabajo en todas las gerencias de la municipalidad.

Ejemplo: El Concejo del Gobierno Local y sus Gerencia/áreas a través del personal técnico se comprometen a establecer una política de uso eficiente y ahorro de energía a través de:

a) identificación y evaluación de los diferentes consumos de energía institucional;

b) introducción de las medidas ahorradoras de energía;

c) educación a los técnicos de la municipalidad en buenas prácticas de uso racional de la energía;

d) contabilidad y determinación de indicadores adecuados para la gestión de la energía dentro de la institución, y
e) campañas de sensibilización a la población del municipio en uso y ahorro eficiente de la energía.

2. Etapa 2

La etapa consta de dos objetivos:

Objetivo 1: Crear una Comisión de Ahorro Energético dentro de los gobiernos locales.

La comisión será formada por un responsable de cada gerencia, quienes tendrán diferentes funciones:

a) realizar el diagnóstico;
b) instruirse más en el tema con ayuda de expertos (universidades, ONG´s, Ministerios) y a la vez deberán de concientizar al resto del personal;
c) coordinación con otras instancias públicas vinculadas al tema;
d) promover y vigilar la aplicación correcta del plan por gerencia, y
e) seguimiento a la Comisión a través de reuniones de coordinación, reportes sobre los avances, entre otros.

Objetivo 2: Conocer el tipo y la cantidad de energía consumida en cada gerencia. Para eso se utilizarán tres instrumentos.

a) Datos de energía eléctrica:
   i) compañía distribuidora
   ii) compañía comercializadora
   iii) consumo de tarifa
   iv) consumo de los últimos tres años (kWh)
   v) tipo de contrato
   vi) proporciona energía a la red (si/no) ¿cuánto?)
b) Descripción de equipos:
   i) descripción general del equipo o servicio (nombre, antigüedad, condiciones de operación y mantenimiento;
   ii) consumo:
      - consumo teórico (ver en la información del equipo cuanta energía/combustión utiliza para su funcionamiento)
      - consumo real estimado (tipo y cantidad de energía/combustión y tiempo de uso)
   iii) consumo de tarifa
   iv) consumo de los últimos tres años (kWh)
   v) tipo de contrato
   vi) proporciona energía a la red (si/no) ¿cuánto?

c) Información sobre actitudes y comportamientos del personal: no es necesario entrevistar a todo el personal, se puede tomar una media del personal o proporción de esta.
   i) ¿dejas las luces encendidas de una sala cuando la has abandonado y se queda vacía?
   ii) ¿sigues los procedimientos con los equipos, máquinas e instalaciones?
   iii) ¿mantienes la computadora encendida un período de tiempo largo, aún cuando no la utilizas?
   iv) ¿crees que la temperatura de regulación del aire acondicionado es la correcta?
   v) ¿estarías a favor de utilizar energías renovables para suministrar energía a las instalaciones de la alcaldía?
   vi) ¿piensas que es importante organizar campañas en la alcaldía para reducir el consumo de energía?
   vii) ¿Crees que se podría ahorrar energía en la alcaldía?
   viii) ¿Se pueden utilizar fuentes de energía renovables (solar, térmica fotovoltaica, eólica, etc.) en el centro de trabajo?

3. Etapa 3

Con la información obtenida se puede elaborar el Plan/Política de acción definiendo que acciones hacer.

Ámbitos de actuación

4. Instalaciones públicas

a) Refrigeración
   i) el aire acondicionado necesita aproximadamente 500 W para enfriar la instalación, en cambio el ventilador, que es más eficiente energéticamente necesita entre 20 a 30W;
   ii) se puede tener una ventilación cruzada en los días que aumente más la temperatura, es decir, con la ventilación, en combinar la ventilación natural con el uso de ventiladores;
   iii) desconectar los aparatos de refrigeración cuando no haya ocupación en los espacios, y
   iv) revisión periódica y mantenimiento de los sistemas, permite que estos ofrezcan las máximas prestaciones y se reduzca el consumo energético.

5. Iluminación

a) evitar el uso innecesario del alumbrado (iluminación demasiado fuerte);
b) utilizar luz natural siempre que sea posible, y
c) uso de tecnología eficiente de consumo para producir el mismo nivel de iluminación. Pueden sustituirse los tubos fluorescentes tradicionales por otros de alto rendimiento. Sustituir las bombillas incandescentes por lámparas de bajo consumo o Leds, para un mismo nivel de iluminación, ya que ahorran hasta un 80% de energía y duran ocho veces más.

Cuadro II.5.1
Uso eficiente de la energía en el alumbrado público

Lámparas en alumbrado público (De acuerdo con SIGET, 2009) 255 098	Consumo	Lámparas incandescentes	Lámparas LED
	KWH	0,18	0,028
	KWH Total	27 463,35	4 422,94
	MWH Total	27,64	4 423
Ahorro energético: 23,22 MWh			

Fuente: UNES 2010, «Hacia la revolución energética», Flores, José Luis.

Se debe hacer más eficiente el alumbrado público mediante la sustitución progresiva de lámparas incandescentes por lámparas LED. De acuerdo con la SIGET existen 157.962 lámparas en el alumbrado público nacional cuyo consumo total de MW/h es igual a 27,64 (SIGET, 2008). Si al finalizar la vida útil de todas las luminarias incandescentes, se utilizan lámparas LED que consumen 35 watts/h, se tendría que el consumo total se reduciría a 4,42 MW/h. De esta manera la demanda de energía eléctrica disminuirá en 23,22 MW/h en las horas en que estas luminarias funcionan. Este programa podría tener un costo alrededor de $43.826.557[69].

a) utilizar detectores de presencia o temporizadores en servicios, despachos individuales, almacenes o pasillos, para que las luces se enciendan y apaguen automáticamente;
b) una limpieza de lámparas y luminarias programada dos veces al año implica una reducción del 20% de la energía consumida;
c) utilizar fotocélulas o temporizadores en la iluminación exterior;
d) en espacios grandes conviene sectorizar el alumbrado, de tal forma que sólo se enciendan aquellas luces cercanas al pulsador de la luz;
e) instalación eléctrica con bajo costo de mantenimiento, y
f) iluminación suficiente y uniforme que garantice total libertad a la hora de situar la maquinaria o bancos de trabajo.

6. Equipos

a) apagar la computadora cuando no se trabaje en períodos superiores a una hora, y fotocopiadoras, impresoras y faxes durante la noche y fines de semana;
b) comprar computadoras, faxes e impresoras cuyos componentes sean reciclables;
c) al sustituir una computadora antigua por otra nueva, sería recomendable aprovechar algunas de las piezas del antiguo, como el monitor o el teclado;
d) usar cartuchos de tinta recargables y reciclar como residuo peligroso los cartuchos de tóner de fotocopiadoras e impresoras, y

[69] El costo unitario de cada luminaria LED para alumbrado público, es alrededor de 277,45 dólares. No obstante, en algunas empresas, ante un proyecto de esta naturaleza, el costo se reduciría hasta en un 20%, por lo que el costo total sería igual a 35.061.246 dólares (tal es el caso de SEESA).

e) el papel es el mayor residuo, tanto en volumen como en peso, generado por las oficinas. «Reciclando papel se ahorra energía».

7. Movilización del personal

a) acciones de «carro compartido» entre trabajadores de la misma institución o cercanas con desplazamientos diarios compatibles, tanto por ruta como por horario;
b) implantar un plan de transporte de institucional, encaminado a fomentar el transporte colectivo y la mayor ocupación de los vehículos, y
c) hay que tener en cuenta que el aparcamiento de uso libre dentro de las empresas fomenta el uso del vehículo privado. Sería bueno estudiar la reutilización de los espacios de estacionamiento para evitar que esto ocurra.

8. Contratación pública

La propuesta incluye que las Contrataciones públicas sean sostenibles (Garza 2009)[70]. La compra verde o compra sostenible se puede definir:

> *«Autoridades públicas compran productos, servicios o tareas con criterios ambientales con la intención de que sus actividades se desarrollen en favor del interés público»* (Pneumatic Uninterruptible Machine System-PNUMA-EcoSmes).

Las oficinas municipales requieren de una gran variedad de procesos y operaciones que consumen grandes cantidades de materiales y energía para realizar las actividades. Se debe tomar en cuenta a la hora de realizar las compras que el producto, dentro de su ciclo de vida (producción, distribución, uso, mantenimiento y vertido o gestión del residuo) genera impactos ambientales. De tal manera, se hace necesaria la introducción de criterios ambientales a la hora de contratar servicios y realizar compras generales para la institución como es el material que utiliza en la oficina, equipamiento, mobiliario, lámparas, productos de limpieza y otros materiales (grifos, sistemas de ahorro de agua, ventanas, etc.). Este tipo de contrataciones genera una demanda directa en los productos y servicios; así también, el gobierno local (municipalidad) es un motor de la economía a pequeña y mediana escala.

9. Personal

a) Medidas sociales y educativas
   i) sensibilización a la población sobre la importancia de realizar un uso responsable de la energía y popularizar el uso de energías renovables, mediante campañas por los medios de comunicación, publicaciones, ferias, charlas educativas y acuerdos con los centros de educación;
   ii) capacitación al personal de la municipalidad en eficiencia energética, y
   iii) campañas internas de sensibilización al personal.

---

[70] *"Proceso en el cual las organizaciones públicas realizan sus compras de bienes y/o servicios tomando en cuenta, además de aspectos económicos y monetarios —como precio, calidad, disponibilidad, funcionalidad, etc— los impactos sobre el medio ambiente que el producto y/o el servicio tiene en todo su ciclo de vida, y los aspectos sociales como efectos sobre la erradicación de la pobreza, equidad, condiciones laborales, derechos humanos"* (Garza, M., 2009).

E. Bibliografía

A. C. y Martínez, Citlalin (2009), *Externalidades del sector eléctrico como instrumento de política para contribuir a la transición energética*. México, D.F., Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO).

CNUMAD (Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo) (1992), Agenda 21, Cap. 4, «Evolución de las modalidades de consumo», Río de Janeiro, Brasil.

Biomass Users Network-Bunca (2002). Ismael Sánchez (compilador). *Guía para desarrolladores de energía eléctrica utilizando recursos renovables en El Salvador*. PNUD, GEF, FOCER.

Comisión Europea Juego de herramientas para la formación en Contratación Pública Ecológica- CPE (2009), Bruselas. Bélgica, Dirección General de Medio Ambiente.

Fernández, Concha (2006), *Guía del uso eficiente de energía en los edificios de la administración regional de Navarra,* Navarra, España, CRANA-Fundación Centro de Recursos Naturales.

Flores, J., C. Flores, y Mauricio Sermeño. «Hacia la revolución energética en El Salvador: Lineamientos básicos para una política de energía eléctrica sostenible». San Salvador, El Salvador, Unidad Ecológica Salvadoreña y Ayuda en Acción.

García, Jorge (2009), *Green purchases, a sustainable and ecologic practice: A possible implementation in Peru,* Lima, Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento Académico de Ciencias Administrativas.

Garza, Martha y otros (2009), «Estrategias de ahorro de energía en administraciones municipales encaminadas a contribuir al desarrollo sostenible», *Daena International Journal of Good Conscience* 4(2), pp. 243-277.

Gobierno Municipal de la Alcaldía de Santa Tecla (2009). *Plan estratégico Institucional de Santa Tecla*, El Salvador.

________ (2006). *Política Ambiental*. Unión Europea. El Salvador.

Grupo de Energía de Ingeniería Sin Fronteras (2006), *Energía, participación y sostenibilidad; Tecnología para el desarrollo humano*. Cataluña. España, Ingeniería sin fronteras

Fernández de Pinedo, Concha (2006) *Guía para el uso eficiente de la energía en los edificios de la Administración Regional*, Navarra, España.

Galdames, Domingo Vicente (2000), *Desarrollo para un marco conceptual para proponer un Sistema de gestión ambiental municipal en la comuna de Milepilla,* Santiago, Chile, Universidad de Santiago, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Geográfica.

ICLEI-Gobiernos Locales por la Sostenibilidad (2007), Oficina en México, «Manual de compras Energéticamente eficientes», Agencia de Desarrollo Internacional de los Estados Unidos (US-IDA). Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley, Comisión Nacional para el Ahorro de Energía. México.

ICLEI-Gobiernos Locales por la Sostenibilidad, Oficina en México. «Transformadores energéticamente eficientes-TEE», Procobre, México.

ISTAS-Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (2006). «Guía de ahorro y eficiencia energética: Manual práctico para la intervención», Madrid, España.

Labein Tecnalia (2007), «Guía básica de la generación distribuida», Fundación de la energía de la Comunidad de Madrid, España.

Prometea (2006), «Guía de contratación pública en la comunidad Foral de Navarra», Gobierno de Navarra, España.

SACDEL (Sistema de Asesoría y Capacitación para el desarrollo local) (1998), «Estudio sobre gastos municipales», San Salvador, El Salvador.

SIGET (Superintendencia General de Electricidad y Telecommunicaciones de El Salvador) (2008).

Revistas y periódicos

El Diario de Hoy (2009), «Cobros de energía y tasas van juntos, COMURES dice que el pago sigue siendo separado», sección «Noticias nacionales», miércoles 2 de diciembre.

Zamora, Mayrene (2009), «Cinco alcaldías recuperan $9,5 millones de impuestos. Lo atribuyen a ordenanzas transitorias y a la obligatoriedad del pago de los impuestos en el recibo de energía eléctrica». La Prensa Gráfica, lunes 21 diciembre de 2009.

Entrevistas

Jorge Olivares. Jefe de la Unidad Ambiental. Alcaldía de Mexicanos. Enero de 2010 a la fecha. Fecha de la entrevista: Viernes 23 de abril de 2010.

María Dolores Estrada. Jefa de Protección Civil. Alcaldía de San Francisco Menéndez. 2007 a la fecha. Fecha de entrevista: 4 de mayo de 2010.

Javier García. Cooperante de Progressio-UNES. 2009 a la fecha. Fecha de entrevista: 6 de mayo de 2010.

Letty Méndez. Asesora. Vicepresidencia del Gobierno de El Salvador. 2009 a la fecha. Fecha de entrevista: 7 de mayo de 2010.

René Ramos Gross. Coordinador de programas de fortalecimiento de Capacidades-ICCO. 2006 a la fecha. Entrevista: 8 de mayo de 2010

Patricia de Rivas. Asesora de la Comisión de Medio Ambiente y Cambio Climático de la Asamblea Legislativa de El Salvador. 2009 a la fecha. Fecha de entrevista: 27 de agosto de 2010.

Karla Canjura. Encargada del área de Recursos Naturales de la Gerencia de Gestión de Medio Ambiente de la Municipalidad de Santa Tecla. Enero de 2010 a la fecha. Fecha de entrevista: 10 de octubre de 2010.

Rafael Pinto. Encargado de la Jefatura de Alumbrado Público de la Municipalidad de Santa Tecla. Enero 2010 a la fecha. Fecha de entrevista: 10 de octubre de 2010.

Internet

Alcaldía Municipal de Santa Tecla (2010) [en línea], <http://www.amst.gob.sv>, septiembre.

Foro Nacional de Unidades Ambientales Municipales (2006) [en línea], San Salvador, El Salvador, 4 al 6 de octubre <http://www.comures.org.sv/noticias/noti1.html>.

Fuerte incremento de tasas municipales en San Salvador (2010), [en línea], enero <www.elfaro.org.sv/noticias3_20040510.asp (2).html>.

Gerencia de Participación Ciudadana de la Municipalidad de Santa Tecla (2009) «Informe de rendición de cuentas» [en línea], <gpcsantatecla.com/gerencia/DOC%20VARIOS/rendicion%20de%20cuentas%202010.pdf> [fecha de consulta: agosto 2010].

Instituto Salvadoreño de Desarrollo Municipal (ISDEM) [en línea], <www.isdem.gob.sv>.

Iniciativa Social para la Democracia (ISD))2004) [en línea], <www.isd.org.sv/publicaciones/documents/Marcolegalparalapresupuestacion-partyfinancienlosmpiosdeElSalvador.pdf> (2004).

Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones-SIGET. [en línea] <www.siget.gob.sv/>.

Unidad Ambiental de la Municipalidad Santa Rosa de Copán, Honduras [en línea], <santarosacopan.org/index.php?id=19>.



Módulo 3

Energías renovables y desarrollo sostenible

Artículo III.1
Las energías renovables con una visión de Estado para las naciones de América Latina

Omar Guillén Solís*
SOCOIN-México Grupo Gas Natural Fenosa (México)

A. Introducción

A la vista de la actual situación energética, del creciente aumento de la población mundial con su correspondiente demanda de recursos, incluyendo los energéticos, la única solución razonable para cubrir las necesidades de las economías modernas pasa por una racionalización en el consumo y por un aprovechamiento integral de todos los recursos posibles.

Las necesidades crecientes de energía conducen a un mayor impacto sobre el medio ambiente, por lo que la utilización de las Energías Renovables para satisfacer la demanda de electricidad empieza a ser la opción viable para hacerlo, minimizando forma importante los impactos adversos al entorno.

Además, el modelo energético basado en los hidrocarburos da muestras de estar ya en un importante declive; bajo el cual la población mundial ha basado su economía, por lo que es ya el tiempo de pensar e idear las soluciones al ya cercano problema de cómo abastecer las necesidades de energía en otra forma.

La India se ha convertido en un país líder en el desarrollo de las energías renovables, gracias a que tiene un Ministerio de Estado dedicado específicamente a este fin, instruido directamente por el C. Presidente de la India. Esta nación asiática ocupa el quinto lugar mundial en cuanto a capacidad instalada de generación eolo-eléctrica, y también destaca en energía fotovoltaica, solar térmica, biomasa, mini hidráulica y otras. La creación de una Secretaría de Estado similar contribuye al desarrollo energético sostenido de un país dentro del grupo de naciones en desarrollo (como las presentes en el bloque latinoamericano), con visión de largo plazo.

La presente propuesta se basa en la utilización masiva de las Energías Renovables como política de estado que cualquier nación latinoamericana puede aplicar como opción viable técnica y económica para satisfacer su demanda energética, tomando en cuenta la experiencia y capacidad nacional e internacional para crear, o bien adecuar a lo ya existente, un Ministerio de Estado que maneje expresamente este tipo de energía para el beneficio nacional.

Aun siendo una nación con poderío nuclear y capacidad aeroespacial, la India acaba de poner en marcha la misión solar Nacional «Jawaharlal Nehru», la cual consiste en la coordinación del gobierno central indio con sus gobiernos estatales en la promoción del crecimiento energético sostenible centrado en la energía solar. El aprovechamiento de la radiación solar en esta nación tropical permite la descentralización en la distribución de la energía, en beneficio de la gente más desfavorecida y humilde, entre muchos otros beneficios.

La presente propuesta constituye un marco de referencia a los gobiernos de las naciones latinoamericanas, lo cual permite una incursión definitiva y realista de las energías renovables con una visión de Estado en cada país.

* Contacto: Tel.: (+52-55) 5283-9736.

B. Evolución del Ministerio de Estado indio en materia de energías renovables

La India fue el primer país del mundo en tener un Ministerio de Estado especializado en energías renovables, conocido anteriormente como Ministerio de Fuentes Energéticas No Convencionales (*Ministry for Non-Conventional energy sources* (MNES), por sus siglas en inglés), y que por su trascendencia puede ser una experiencia útil a nivel mundial, cuyas características son susceptibles de trasladarse al entorno de otros países en vías de desarrollo, los latinoamericanos en este caso particular, y con los ajustes necesarios.

En reconocimiento a la importancia de las energías renovables como la mejor alternativa para sustituir los combustibles fósiles convencionales, el Gobierno de la India nombró en 1981 una Comisión para Fuentes Adicionales de Energía en su Departamento de Ciencia y Tecnología. Posteriormente creó un departamento independiente de fuentes no convencionales en 1982, convirtiéndose en Ministerio de Fuentes No Convencionales de Energía (MNES), en 1992.

El MNES es la instancia del Gobierno de la India que se ha encargado de todo lo que relacione al país con las fuentes renovables de energía. Es instruido directamente por el Presidente y el Primer Ministro indios, sin intermediación de otros Ministerios de Estado. Se ocupa de generar las políticas energéticas, planeación, promoción y coordinación de funciones relativas a todos los aspectos de las Energías Renovables, incluyendo los incentivos fiscales y financieros, creación de capacidades industriales, promoción, demostración y gestión comercial de programas, investigación y desarrollo para el desarrollo de tecnologías, protección de propiedad intelectual, desarrollo de recursos humanos y relaciones internacionales. El MNES también se ocupa de áreas emergentes como celdas de combustible, vehículos eléctricos, energía de los océanos y del hidrógeno. Para lograr ayuda y concesiones financieras al sector de las Energías Renovables, el MNES creó una institución financiera por medio de su Agencia India para el Desarrollo de las Energías Renovables (IREDA, por sus siglas en inglés). Se le asignaron las siguientes instancias:

a) formulación de políticas y legislación;
b) ligas inter-institucionales para integración de las energías renovables;
c) identificación de áreas focales de gran interés;
d) prospectivas de mercado;
e) investigación y desarrollo en instituciones especializadas;
f) programa integrado de energía en el medio rural;
g) investigación y desarrollo del biogás y programa relativo a unidades de biogás;
h) programa relativo a la mejora de los *chulhas* (estufas rurales) e investigación y desarrollo de los mismos;
i) proyectos minis y micro-hidroeléctricos menores a 3 MW de potencia y energía geotérmica;
j) dispositivos solares fotovoltaicos, incluyendo su desarrollo, producción y aplicación;
k) energía de las mareas, olas, corrientes marinas y energía térmica oceánica, y
l) patrocinios internacionales y exportación de tecnologías.

El MNES está encabezado por un secretario y las actividades del mismo se dividen en diferentes grupos; de acuerdo con la base, aplicaciones, actividades y usuarios finales. Estos grupos están encabezados por consejeros y/o secretarios adjuntos. Sus actividades se especializan en política

de Energías Renovables y legislación; energía en medios rurales; plantas de biogás; mejora de las cocinas rurales que usan biomasa (leña); producción de biomasa y utilización —briqueteo y gasificadores—; programas integrados de energía rural; energía solar, incluyendo sistemas fotovoltaicos y térmicos, así como un centro de energía solar; la generación de electricidad, en general, y específicamente por medio de biomasa, energía eólica, pequeñas centrales hidroeléctricas y electricidad solar fotovoltaica y térmica; energía de los desperdicios urbanos, municipales e industriales; nuevas tecnologías; energía geotérmica; energía de los océanos; combustibles alternativos para transporte en superficie incluidos vehículos eléctricos, fuentes químicas de energía incluidas las celdas de combustible e hidrógeno; investigación y desarrollo; la IREDA; transparencia y acceso a la información; relaciones internacionales; financiamiento integrado; planeación, coordinación y administración.

El MNES también se involucra en tecnologías emergentes, como aquellas que utilizan fuentes químicas de energía, celdas de combustible, combustibles alternativos para transporte en superficie y utilización del hidrógeno.

El MNES está dando un nuevo impulso a los programas de Energía Renovable y una penetración más agresiva en nuevas áreas como la energía en medios rurales utilizando las fuentes energéticas que internacionalmente han dado resultados satisfactorios. Las principales iniciativas incluyen: formulación de políticas y legislación; ligas interinstitucionales para integración de las Energías Renovables; identificación de áreas focales de gran interés; prospectivas de mercado; investigación y desarrollo en instituciones especializadas; patrocinios internacionales y exportación de tecnologías.

C. Líneas de acción

La importancia de incrementar el uso de las Energías Renovables en la transición hacia una base energética sostenible fue reconocida por el Gobierno de la India al comienzo de la década de 1960. Durante el último cuarto del siglo XX, se efectuaron importantes esfuerzos enfocados hacia el desarrollo, pruebas y puestas en operación de una variedad de opciones tecnológicas para su uso en diferentes sectores de la economía y secciones de la sociedad de la India. Con base en estas actividades, se derivaron dos importantes líneas de acción:

a) **Fortalecimiento de la base industrial**. Con una base industrial fuerte y una comercialización exitosa de las tecnologías eólica, solar fotovoltaica, solar térmica, pequeñas hidroeléctricas, biogás y estufas modernas de biomasa, India está en la posición de ofrecer vanguardia tecnológica a otros países en vías de desarrollo y está posicionada a jugar un papel de liderazgo en el contexto internacional hacia un desarrollo energético sostenible.

b) **Grandes programas de Energías Renovables**. La India tiene hoy uno de los programas más grandes a nivel mundial de Energías Renovables. Sus actividades cubren las principales tecnologías disponibles como biogás, biomasa, energía solar térmica y fotovoltaica, energía eólica, pequeñas hidroeléctricas y otras tecnologías emergentes. En cada una de estas áreas, se tienen programas de evaluación de recursos, investigación y desarrollo, tecnologías para el desarrollo y demostración.

Diversos sistemas y productos asociados a las Energías Renovables están ahora disponibles de manera comercial y demuestran su viabilidad económica contra opciones que utilizan combustibles fósiles, particularmente cuando los costos ambientales (externalidades) de los combustibles fósiles se toman en cuenta.

1. India: quinto lugar mundial en generación eoloeléctrica

El potencial de generación indio por medio del viento se estima en 45.000 MW. El potencial técnicamente explotable se considera en un 30%, lo cual da estima un total de 13.500 MW. India tiene actualmente una capacidad instalada de 13.065,78 MW[71], lo que coloca a este país en el quinto lugar mundial en capacidad instalada de generación eléctrica con el viento. El MNES ha sido grandemente responsable de este hecho, ya que ha llevado a cabo políticas acordes para que empresarios e inversionistas se interesen en desarrollar proyectos eolo eléctricos a escala comercial. Hasta el día de preparación de este trabajo, India tiene contemplados 616 posibles sitios para desarrollo de Parques Eólicos, principalmente en la región de Muppandal en el Estado de Tamil-Nadu (afectado en su momento por el tsunami de Indonesia), el cual continúa teniendo la mayor concentración de parques eólicos en el país. Los proyectos ubicados en las regiones de Satara y Jogimatti, ubicados en los Estados de Maharashtra y Karnataka respectivamente, han atraído un número importante de inversionistas interesados en el desarrollo de los mismos.

De esa capacidad eólica instalada, es de notar que un 95% ha sido posible gracias a la inversión privada. Otras iniciativas han sido llevadas a cabo gracias al establecimiento de su Centro de Tecnología en Energía Eólica (*Centre for Wind Energy Technology*), motivando con esto a corporaciones de los sectores público y privado a desarrollar proyectos eolo eléctricos.

La capacidad de fabricación en la India se ha establecido con éxito, exportando inclusive máquinas eólicas y componentes periféricos a los Estados Unidos, Europa y otras naciones en desarrollo.

2. Instituciones de investigación

Las instituciones de investigación creadas bajo el auspicio del MNES y que dan importante apoyo técnico y de gestión a los proyectos son:

a) **Centro de Tecnología en Energía Eólica (CWET, por sus siglas en inglés**): establecido en la ciudad de Chennai, en el Estado indio de Tamil Nadu. Sus áreas de trabajo comprenden la Evaluación del Recurso Eólico, Investigación y Desarrollo, Normatividad y Certificación, Información, Capacitación, así como Servicios Comerciales;

b) **Centro de Energía Solar (SEC, por sus siglas en inglés):** ubicado al sur de la capital de la India —Nueva Delhi— se estableció para emprender actividades relacionadas con el diseño, desarrollo, prueba, estandarización, consultoría, capacitación y difusión de información en el campo de la Energía Solar;

c) **Centro de Bio-Energía Sardar Swaran Singh:** ubicado en el Pubjab indio. Sus actividades se centralizan en el campo de bio-combustibles y combustibles sintéticos;

d) **Centro de Energía Alterna Hidráulica**: ubicado en el Estado indio de Uttarakhand, fundado como una institución de investigación, promoción y apoyo técnico de la generación mini-hidroeléctrica (hasta 25 MW) en conjunción con otras fuentes de EERRs;

e) **Centro Nacional del Hidrógeno y Celdas de Combustible**: en proceso de planeación y construcción de instalaciones adyacentes al SEC.

---

[71] Cifras al 31 de diciembre de 2010.

D. Actualidad del Ministerio de Estado de la India en materia de energías renovables

India tiene la distinción de ser el único país en el mundo que tiene un Ministerio de Estado específico, instruido directamente por el Presidente de la República, que regula y aplica las fuentes renovables de energía.

El Ministerio de Energías Renovables de la India tiene ya casi 30 años, con buenos resultados en la aplicación de modelos energéticos limpios y sostenibles, y constituye un modelo exitoso y relevante para las naciones latinoamericanas y otras economías emergentes.

Durante los últimos años, se ha dado una serie de actividades relativas a la investigación, desarrollo, demostración, producción y aplicación de una variedad de tecnologías de Energías Renovables para su uso en diferentes sectores en India. Inicialmente, estos esfuerzos fueron dirigidos y vigilados por él la Comisión para las Fuentes Adicionales de Energía (CASE por sus siglas en inglés) bajo el Ministerio de Ciencia y Tecnología. En 1982, se separó un Departamento de Fuentes de Energía No Convencionales (DNES) que absorbió el Ministerio de Energía y continuó con el desarrollo y promoción de las fuentes no convencionales de energía. En 1992, se creó un Ministerio por separado al que se llamó Ministerio de Fuentes de Energía No Convencionales (MNES). En 2006 se renombra como Ministerio de Fuentes Energéticas Nuevas y Renovables (MNRE, por sus siglas en inglés).

El MNRE ha llevado a cabo programas de amplio espectro, cubriendo prácticamente todas las manifestaciones de Energía Renovable. Estos programas buscan reemplazar paulatinamente la generación convencional de origen fósil mediante centrales eolo eléctricas, pequeñas hidroeléctricas, y bioenergía, así como llevar los beneficios de la Energía Renovable a las áreas rurales remotas para iluminación y preparación de alimentos.

También hay aplicaciones urbanas, industriales, y comerciales, así como el desarrollo de combustibles alternativos y aplicaciones en el transporte, dando apoyo a la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías, productos, y servicios. Se muestran las cifras logradas en el cuadro III.1:

Durante la primera década, el Ministerio dirigió sus programas principalmente al desarrollo de tecnologías de Energía Renovable a través de estrategias multiobjetivos de actividades en investigación y desarrollo, preparando proyectos de demostración, instalaciones locales de fabricación de dispositivos, preparando las agencias regionales de desarrollo de Energías Renovables para realizar los programas, que coloca los préstamos a tasa baja de la IREDA, brazo financiero del MNRE.

Las funciones principales de la IREDA son:

a) operar un fondo revolvente para el desarrollo de proyectos que involucren energías renovables, y
b) dar soporte financiero a proyectos específicos y esquemas de generación de electricidad y/o energía a través de fuentes renovables, tomando en cuenta los preceptos de eficiencia y ahorro energéticos.

Los proyectos de generación conectados a red han sido esencialmente de inversión privada y, actualmente, casi todos los recursos para los proyectos provienen de esta fuente. Las tecnologías de Energías Renovables compiten con las fuentes convencionales, por lo que el reto a vencer es equiparar éstas en cuanto a su confiabilidad, potencia firme y costos. Se busca reducir los costos de inversión de los proyectos y aumentar sus factores de planta, con la consecuente reducción del costo de generación.

El programa de energía eólica en India se comenzó hacia 1984. Se adoptó una estrategia de mercado en principio, apoyada con incentivos fiscales, llevando al desarrollo comercial exitoso del programa. A la fecha, la capacidad instalada en India comprende proyectos comerciales y de demostración, teniendo una potencia eólica instalada superior a los 13.000 MW. En 2005, el país llegó ser en la cuarta potencia eólica a nivel mundial en términos de capacidad instalada.

India (como varias naciones latinoamericanas) es afortunada al localizarse en la franja mundial de latitudes geográficas con mayor insolación. Recibe la energía solar en la mayoría de su territorio y a lo largo del año, excepto en la temporada lluviosa del monzón. El promedio diario de energía solar incidente varía entre 4 kWh y 7 kWh por m^2, variable en este rango de acuerdo con la ubicación específica. La energía solar puede usarse a través de aplicaciones térmicas y fotovoltaicas. La utilización de energía solar en India ha estado creciendo firmemente durante los casi 30 años de existencia del ahora denominado MNRE.

Los esfuerzos hechos en investigación, desarrollo, demostración y promoción a gran escala durante la década de 1980 resultaron en el perfeccionamiento de una amplia gama de tecnologías. Como resultado, algunas de ellas han alcanzado la madurez, son útiles en aplicaciones aisladas y no tienen el impacto negativo al ambiente.

El MNRE está llevando a cabo diversos programas para hacer estos sistemas y dispositivos disponibles al ciudadano común, y a los sectores comerciales e industriales. Como resultado, hay poco más de 22.000 MWp en sistemas fotovoltaicos (conectados a red y aislados), un área equivalente a casi los 4 millones de metros cuadrados de sistemas solares térmicos y se han instalado más de 7.000 bombas fotovoltaicas y más de 4 millones de cocinas solares por vivienda. Esto contribuye a ahorrar una gran cantidad de electricidad generada por medios convencionales en la India.

En cuanto al aprovechamiento hidráulico, los proyectos mini-hidráulicos en India tienen una potencia instalada en promedio de 25 MW. Hay un potencial estimado de aproximadamente 15.000 MW en los ríos de flujo perenne, arroyos, y una red grande de canales de riego. La caracterización de los recursos a través de sistemas de información geográfica está recibiendo importante atención. Hoy, este programa se maneja esencialmente por inversión privada. El total instalado tiene una capacidad cercana a los 3.000 MW.

Cuadro III.1.1

India: logros en campos varios de desarrollo en fuentes renovables de energía [/a]

N°	Fuentes/sistemas	Logros 2010 (todo el año)	Acumulados históricos (hasta el 31 de diciembre de 2010)
	I. Generación eléctrica con fuentes renovables		
	A. Conectadas a la red (MW)		
1	Biomasa (agro residuos)	143,50	997,10
2	Eólica	1 259,03	13 065,78
3	Mini-Hidros (hasta 25 MW)	203,92	2 939,33
4	Cogeneración-bagazo	216,00	1 562,03
5	Desperdicios urbanos	---	19,00
6	Desperdicios industriales	7,5	53,46
7	Solar FV	5,54	17,82
	Subtotal (A)	**1 631,57**	**18 654,52**

(continúa)

Cuadro III.1.1 (conclusion)

B. Aisladas de la red			
N°	Fuentes/sistemas	Logros 2010 (todo el año)	Acumulados históricos (hasta el 31 de diciembre de 2010)
8	Desperdicios urbanos	---	3,50
9	Desperdicios industriales	21,27	64,49
10	Biomasa (agro residuos no bagazos)	53,34	274,22
11	Gasificadores de biomasa – rural	0,97	14,07
12	Gasificadores de biomasa – industrial	5,75	114,09
13	Plantas solares FV de iluminación urbana (>1 kW)	1,23	4,42
	Aerogeneradores y sistemas híbridos	---	---
	Subtotal (B)	**82,56**	**484,79**
	Total (A+B)	**1 714,13**	**19 139,31**
II. Electrificación de comunidades remotas		1 466 aldeas	8 033 aldeas
III. Sistemas descentralizados			
15	Plantas de biogás por vivienda	57 000	4,31 millones
16	Sistemas FV centralizados de iluminación por vivienda	32 279	65,6 millones
17	Linternas solares	3 898	81,7 millones
18	Sistemas FV de iluminación pública	1 471	12,2 millones
19	Bombas FV	---	7 495
20	Colectores solares para calentamiento de agua	0,5 millones	3,97 millones-m^2
21	Cocinas solares	---	657 000
22	Aero bombas	---	7 495
IV. Otros programas			
23	Parques temáticos de energía renovable	---	511
24	Tiendas de energías renovables	---	297

Fuente: Cifras del MNRE publicadas el 14 de febrero de 2011.

En lo que respecta a la biomasa, la industria azucarera ha usado tradicionalmente la cogeneración por medio del bagazo de caña para lograr el suficiente vapor y electricidad, traducido en economía de sus procesos. Por consiguiente, el MNRE ha estado promoviendo el uso de nuevas tecnologías para que los molinos de azúcar operen a los más altos niveles de eficiencia y puedan generar más electricidad que la requerida, para así aportar algo a la red. Se habla de una potencia efectiva en este rubro mayor a los 2.600 MW. El MNRE también da apoyo a los gasificadores de la biomasa. Estas instalaciones proporcionan energía a las industrias pequeñas, así como para la electrificación de un pueblo o grupo de pueblos como iniciativas de reemplazo de uso de combustible fósil. Una capacidad total de unos 128 MW se ha instalado hasta ahora.

Durante 2006 y 2007, la política de electrificación rural se extendió a todo el país a través de la distribución de sistemas solares fotovoltaicos en viviendas. Se electrifica a los pueblos remotos también a través de sistemas solares fotovoltaicos, gasificadores de biomasa y pequeñas centrales

hidráulicas. Aproximadamente, más de 8.000 comunidades remotas han sido dotadas de electricidad a través de la Energía Renovable bajo este programa.

El MNRE también ha implementado proyectos de seguridad energética a nivel local que apuntan a satisfacer los requisitos totales de energía para cocina de alimentos e iluminación, sobre todo en comunidades donde no es posible llevar la red eléctrica.

La tecnología más importante y popular desarrollándose de manera local son las plantas de biogás a través de estiércol ganadero. Se han desarrollado cinco plantas de biogás bajo el Proyecto Nacional para el Desarrollo del Biogás y el Programa Nacional para el Manejo y Utilización del Estiércol agrícola. Hasta ahora, se han instalado más de 4 millones de plantas de biogás por vivienda. India es el segundo lugar mundial con respecto al desarrollo del biogás, solo después de China.

El MNRE hace esfuerzos constantes para investigación y desarrollo en Fuentes Nuevas y Renovables de Energía como la energía de hidrógeno, combustibles de origen celular, geotérmico, corrientes oceánicas, undimotriz, energía de las mareas, combustible sintético y biocombustibles. El Comité Nacional de Energía de Hidrógeno ha aprobado y lleva a cabo el mapa de ruta tecnológica del hidrógeno.

El desarrollo industrial en el campo de Energía Renovable también ha progresado en el transcurso de la existencia del MNRE. La producción de sistemas fotovoltaicos sigue aumentando para la demanda interna y mercados de exportación, con una capacidad de producción que ha alcanzado los 557 MW por año (AEIF, 2010). Los módulos producidos cumplen con la normativa internacional y aproximadamente 85% de la producción se ha exportado a los países desarrollados. Durante 2006 y 2007 se han exportado turbinas eolo eléctricas valoradas en unos 250 millones de dólares a los Estados Unidos, Europa, China, el Brasil y Australia. También se han exportado aspas de aerogeneradores valoradas en unos 25.000.000 de dólares a Alemania, China, España y los Estados Unidos.

En el área de gasificación de la biomasa a pequeña escala, el trabajo de desarrollo de tecnología ha hecho a la India un líder mundial en esta área de tecnología. Los gasificadores de la biomasa son capaces de producir hasta unos 500 kW por sistema, todos con tecnología local.

El MNRE también está trabajando internacionalmente en la cooperación bilateral y regional. El Diálogo Energético India-Estados Unidos, el Foro Regional Asia-Pacífico y la Sociedad Internacional de la Energía son algunos ejemplos. India también juega un papel importante con respecto a la asociación de los países del sudeste asiático.

Cabe mencionar que ya algunos países latinoamericanos han establecido los correspondientes Memoranda de Entendimiento con el MNRE indio, como son los casos del Brasil, Cuba, Chile y México por conducto de sus Ministerios de Energía.

Por otra parte, el MNRE celebra cada 20 de agosto el natalicio del extinto Primer Ministro Rajiv Gandhi, promotor de la Política de Estado de las Energías Renovables en la India, conocido como el «Día Nacional de la Energía Renovable» (*Rajiv Gandhi Akshay Urja Diwas*) en todas las provincias del país, las capitales estatales y en la capital, Nueva Delhi, para crear mayor conocimiento en los sistemas basados en energías renovables y conciencia ambiental, enfocado a millones de niños escolares y al público en general, así como a las autoridades a todos los niveles. Los comités asesores en cada distrito son cercanos ya a 600. Cada comité tiene un presidente con 20 miembros que incluye necesariamente y cuando menos a seis mujeres de diferentes instancias, representantes de las autoridades y organizaciones no gubernamentales.

La tarea de estos comités es ayudar en la planeación, difusión del conocimiento y la revisión proyectos de Energía Renovable en el distrito, así como asesorar a los gobiernos estatales. También se han apoyado clubes de Energía Renovables en las universidades, aprobados por el Consejo para la Educación Técnica de la India. Los parques temáticos en Energía Renovable se han establecido para la difusión del conocimiento en la materia.

El MNRE ha promovido un nuevo esquema para proporcionar una linterna solar libre del costo a los estudiantes en condiciones extremas de marginación, así como a las familias en los pueblos no electrificados y aldeas en los estados, lo que les permite a los niños y jóvenes estudiar por la noche.

1. *Greenathon*, un teletón por el ambiente

En varias naciones latinoamericanas se realiza este evento de forma anual en favor de la gente con necesidades especiales debidas a la discapacidad física y/o intelectual. India lo realiza en pro del desarrollo sostenible como se describe a continuación.

India estima que necesitará para 2030 al menos otros 700.000 MW de generación adicional para cubrir su demanda de su economía en expansión y su creciente población.

En 2007 la India produjo 80 MWp de paneles fotovoltaicos; apenas un 1,7% de la producción mundial. Pero ahora, con los actuales incrementos a los costos de los hidrocarburos y la amenaza del cambio climático; el tiempo apremia.

Se está gestando un cambio en el campo de las Energías Renovables, el cual traerá beneficios sustanciales a un conjunto de personas en el medio rural indio; con un altísimo grado de marginación. El Instituto para la Energía y Recursos indio (TERI, por sus siglas en inglés) lanzó su programa de apoyo a la iluminación para 1.000 millones de personas a nivel mundial; quienes carecen del servicio elemental de electrificación. Unos 400 millones de esas personas viven en la India.

Cabe mencionar que el Dr. Rajendra Pachauri, presidente del TERI y principal impulsor de esta idea, preside también a nivel mundial el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) a nivel mundial.

El TERI consideró que este problema se podía resolver a través de la provisión de linternas cargadas solamente. Se involucró inclusive a medios de comunicación, celebridades y empresas de renombre internacional para realizar un programa televisivo ininterrumpido por 24 horas continuas para recabar fondos y adquirir las linternas solares. El Greenathon («Teletón Verde») urge a la ciudadanía india a tomar conciencia e intervenir decisivamente por un futuro más limpio. Se reunieron muchos artistas; unidos por el medio ambiente en la India.

Se solicita a la gente aporte fondos para la campaña de compra y entrega de linternas solares a las personas del medio rural indio; y quienes así puedan, a adoptar a algunas aldeas en causa personal para apoyos más directos.

Intervinieron hasta las estrellas de Bollywood (el Hollywood cinematográfico indio, con una producción mayor que la de los Estados Unidos) y con el apoyo principal de la empresa automotriz Toyota.

Nuevamente, se hizo hincapié en la buena voluntad de la sociedad india, pero es con educación requerida a todos los niveles, e inclusive una ayuda al Gobierno en este sentido. El evento se realizó del 7 al 8 de febrero de 2009, de 7 a.m. a 7 p.m. Se registró una importante respuesta por parte de la ciudadanía india.

Por ejemplo, la multinacional Nokia adoptó a tres aldeas tribales en el estado nororiental indio de Jharkhand (un lugar donde no se conoce otra luz distinta a la solar, fogatas o antorchas, o la luna y las estrellas).

Se lograron reunir 24 millones de rupias en 24 horas (alrededor de medio millón de dólares)[72]; inclusive, varios usuarios de Internet donaron en línea para reemplazar las linternas de parafina y queroseno usuales para iluminación en el entorno rural indio. Todo el país dio seguimiento al evento, incluidas las grandes urbes como Mumbai, Delhi, Calcuta, Chennai, Bangalore, Pondicherry, Orissa, Lucknow, entre varias ciudades más.

Los recursos obtenidos fueron suficientes para dotar de linternas solares a 45 aldeas ubicadas en las regiones con el más alto grado de marginación en la India. Buen comienzo.

Las escuelas a todos los niveles recaudaron fondos también por iniciativa propia; en sus entornos locales. Hasta los famosos portales de Facebook y Youtube se unieron a la causa.

E. Misión solar India

La misión solar es una entre las ocho políticas de largo plazo dentro del Plan Nacional de Acción Climática tiene un importante apoyo del Primer Ministro de la India con un ambicioso objetivo de 20.000 MW solares para 2022. La misión solar en particular apunta al desarrollo y promoción de la energía solar para generación eléctrica y otros usos, con el principal objetivo de hacer competitivo el costo de la energía solar con el de fuentes convencionales de carbón.

La misión vislumbra incentivos fiscales, incluyendo una exención de pago de impuestos por diez años para las instalaciones solares, ya sean fotovoltaicas o térmicas (2010–2022); incluyendo los equipos, materiales y servicios asociados; aun siendo de importación. Propone también un impuesto de Rs 0,20[73] por cada 10.000 kcal en los combustibles fósiles para lograr el fondeo de la misión. Contempla también el fondeo internacional para varios componentes.

La Misión propone la extensión de la oferta actual de préstamos al 2% de interés de los préstamos a cinco años para financiar calentadores solares de agua para uso doméstico y aquellos préstamos con una tasa entre 3% y 5% para la compra de sistemas de iluminación fotovoltaicos aislados para su uso en iluminación institucional y comercial. Otros incentivos van encaminados al apoyo de la fabricación local de los equipos.

1. Importancia y relevancia de la energía solar para la India

a) Costos

En cuanto a costos, la energía solar es todavía cara con respecto a los costos de tecnologías convencionales. Uno de los objetivos de la misión solar es crear condiciones, a través de un escalamiento acelerado e innovación tecnológica, para así bajar los costos e inclusive igualarlos con la extensión de la red. La misión anticipa la paridad con la extensión de la red para 2022 y la paridad con tecnologías a base de carbón para 2030.

---

72 Con su peculiar sistema de numeración reportaron 2 *crore* y 40 l*akh* de rupias; *crore* es un prefijo equivalente a 10 millones y *lakh* a 100.000.

73 Considerar un tipo de cambio de un dólar estadounidense por Rs$46,447 (rupias de la India); tipo de cambio a diciembre de 2009.

Se reconoce que esta trayectoria de costos dependerá del desarrollo de la tecnología y transferencia de la misma a nivel mundial. También se reconoce la existencia de varias aplicaciones solares para actuar de manera aislada de la red y así satisfacer necesidades en el medio rural, que ya son atractivas en cuanto a costos y permiten una rápida expansión.

b) Escalabilidad

Los niveles de insolación en la India varían entre 4 y 7 kWh/m² al día, lo que permite utilizar la radiación solar ya sea para generación eléctrica o calentamiento, o, mejor dicho, en sus aplicaciones fotovoltaica o térmica. Las aplicaciones de calentamiento a baja temperatura (hasta unos 80ºC) y las de tipo eléctrico; aisladas de la red, permiten una clara perspectiva de electrificación rural y también satisfacer a otras necesidades de electrificación, así como de calefacción o refrigeración en el medio rural o en un ambiente urbano. La principal restricción para la escalabilidad es la disponibilidad de espacio, ya que todas las aplicaciones de la energía solar requieren gran cantidad de espacio.

c) Impacto ambiental

La energía solar es ambientalmente amigable y tiene prácticamente cero emisiones generando ya sea electricidad o calor.

d) Seguridad de la fuente energética

Desde una perspectiva de seguridad energética, la energía solar es la más segura de todas las fuentes, desde que es abundantemente disponible. Teóricamente, una pequeña fracción de la energía solar incidente puede satisfacer completamente las necesidades energéticas del país. Hasta ahora, la fuente energética para generación eléctrica a base de carbón fósil es la más barata, pero a futuro esta situación puede y va a cambiar y las correspondientes tarifas eléctricas actuales con esta fuente energética oscilan Rs 7,0 por kWh en base y Rs 8,5 en punta. Por otra parte, si se utiliza generación a base de combustible diésel el precio de la energía oscila Rs 15 por kWh; además de ser ambas altamente contaminantes. La energía solar viene a ser imperante en la transición energética hacia fuentes limpias.

2. Objetivos y metas

El objetivo de la misión solar en la India es el de poner a esta nación como una líder global en energía solar, creando las condiciones de política energética para su difusión en todo el país tan pronto como sea posible.

Se contempla una inversión de 916.840,00 millones de rupias en los próximos 30 años. Se incluye un subsidio en intereses en el orden de 73.000 millones de rupias en el mismo período. Asimismo, se contempla el objetivo de adicionar 20.000 MW para 2022 y 100.000 MW para 2030. Se planea llevarla a cabo en tres fases, buscando lograr la paridad con las fuentes convencionales a base de carbón para 2030.

Al término de cada plan se efectúa una evaluación del progreso, revisión de la capacidad y metas para fases subsecuentes, basándose en las tendencias de los costos y de las tecnologías involucradas, en el ámbito local y el internacional. El Gobierno central indio contempla subsidiar actividades en caso de situaciones especiales en las cuales no se materialicen o los costos crezcan más rápido de lo proyectado.

De manera concreta, se contempla llegar a las siguientes metas:

a) crear un marco de política energética para el desarrollo de 20.000 MW en general para 2022;
b) incrementar la capacidad en sistemas fotovoltaicos conectados a la red en 1.000 MW hacia 2013, 3.000 MW adicionales para 2017; estableciendo la obligatoriedad a las empresas eléctricas de comprar y despachar todo el fluido eléctrico de la fuente solar;
c) crear condiciones favorables para la fabricación nacional; particularmente en equipos de calentamiento de agua;
d) promover programas de electrificación aislada, alcanzando 1.000 MW para 2017 y 2000 MW para 2022;
e) logra la colocación de 15 millones de metros cuadrados de colectores solares para calentamiento de agua para 2017 y 20 millones para 2022, y
f) llegar a 20 millones de sistemas solares de iluminación en el medio rural para 2022.

3. Estrategia

La primera fase anunciará el marco de la política energética para la culminación de los objetivos propuestos a 2022. El anuncio de las directrices creará el ambiente necesario para atraer a los desarrolladores de proyectos y a la industria para invertir en investigación, manufactura nacional y desarrollo de la generación eléctrica de origen solar y así crear la masa crítica para industria solar nacional. Asimismo, se trabajará de manera cercana con gobiernos estatales, reguladores, compañías eléctricas y grupos locales de autogobierno por usos y costumbres para asegurar que las actividades planeadas se implementen de manera efectiva. Se tiene ya un grado de avance en este sentido, ya que los gobiernos estatales han anunciado iniciativas locales para promoción de la energía solar, por lo que se prevé que la misión tenga un despegue rápido y efectivo.

a) Aplicaciones conectadas a red: construyendo la red solar

El punto clave para la promoción de la electrificación de origen solar será a través de un mecanismo de obligación de compra de toda la energía generada de origen solar para todas las compañías eléctricas; con una contribución solar específica. Esta obligación de compra de energía será gradualmente incrementada mientras una tarifa fija de compra de energía solar decrece con el tiempo.

b) El reto por debajo de 80º C para colectores solares

La Misión en sus dos primeras fases dará promoción a los calentadores solares de agua, la cual es ya una tecnología probada y comercialmente viable. La Misión se propone una ambiciosa meta de asegurar que todas las aplicaciones en el país, domésticas e industriales, se «solaricen» para 2022. La estrategia clave para la misión será la de efectuar los cambios necesarios en la política energética para lograr este objetivo:

a) emitir una disposición normativa de aplicación general para la instalación de calentadores solares, incorporándola al Código Nacional de Construcción;
b) asegurar la introducción de mecanismos efectivos para las pruebas y certificación de los fabricantes de sistemas solares para calentamiento de agua;

c) facilitar la promoción de estos dispositivos a través de instituciones y compañías eléctricas locales, y

d) dar soporte a la actualización de tecnologías y capacidades de manufactura a través de préstamos a tasa baja, en vías de elevar su eficiencia y reducir costos.

c) La oportunidad en comunidades aisladas. Iluminación de viviendas

Una oportunidad clave para la electrificación de origen solar yace en las aplicaciones descentralizadas y fuera de la red. En áreas extensas y remotas donde la penetración de la red no es factible, resultan convenientes para la energía solar. Aseguran a que gente sin acceso a energía e iluminación vayan directamente a utilizar la alternativa solar, sin pasar por la trayectoria de crecimiento de las tecnologías convencionales a base de combustibles fósiles. El problema principal consiste en encontrar la estrategia de financiamiento óptimo para solventar las altas inversiones de inicio en estas aplicaciones a través de apoyos gubernamentales.

Actualmente, esquemas basados en la evolución del mercado o inclusive microcréditos han tenido una limitada penetración en este segmento. El Gobierno ha promovido el uso de aplicaciones descentralizadas a través de incentivos financieros y esquemas de promoción. Al tener la misión solar una meta clara de 1.000 MW para 2017, que quizás pudiera considerarse pequeña, pero llevará a traer el beneficio a millones de viviendas en el medio rural. En este sentido la misión planea:

a) proveer sistemas de iluminación con base fotovoltaica dentro del Programa de Electrificación del MNRE para dar cobertura a unos 10.000 pueblos y aldeas. La aplicación de estos sistemas se hará en asentamientos humanos sin acceso a la electricidad de la red, y desde que aproximadamente las poblaciones a beneficiar se gobiernan en un régimen tribal, con base en usos y costumbres, y con un alto grado de marginación, un 90% de subsidio se contempla. Para otras aldeas en las cuales ya cuentan con electricidad de la red, se implementarán, los sistemas se promocionarán con un modelo a base de mercado, a través de los bancos locales ofreciendo créditos a tasa baja, y

b) preparar sistemas especiales centralizados para electrificación en redes aisladas (como es el caso de los territorios de Ladakh (Cachemira), en los Himalayas y en las lejanas islas de Lakshadweep; y de las Andamán y Nicobar)

La promoción de otras aplicaciones electrificadas fotovoltaicamente en un medio aislado está también contemplada. Esto incluye a sistemas híbridos de electrificación con otras fuentes renovables adicionales, donde actualmente se utilizan generadores a base de diésel u otros combustibles para satisfacer necesidades de calentamiento o refrigeración. Estos dispositivos requerirán todavía de alguna intervención para bajar sus costos; no obstante, la clave estará en proveer un marco de ayudas a los emprendedores que desarrollen este nicho de mercado.

Se cuenta como ejemplos de uso de energía solar para dar electricidad a computadoras que ayudan en el proceso de enseñanza en escuelas y hostales, al Sistema Nacional de Información de Mercados, máquinas ordeñadoras de vacas en la provincia de Gujarat, Grupos de Autoayuda para Mujeres en la provincia de Jharkhand y la refrigeración de medicamentos en diversos centros de salud. La Misión considera otorgar un subsidio a nuevos sistemas de esta índole hasta por un 30% del monto de inversión (el cual irá disminuyendo con el tiempo).

En el sentido de crear un interés sostenido dentro de la comunidad banquera, se contempla la creación de un fondo revolvente a través de la IREDA, donde el Gobierno dará también un apoyo presupuestal. La IREDA proveerá los recursos a las instancias financieras locales con la condicionante

de ofrecer los créditos a una tasa de interés menor al 5%. El fondo contempla dar refinanciamiento a proyectos futuros con base energética renovable.

d) Capacidades fabricación: innovación, expansión y diseminación

Actualmente, el volumen de la industria solar fotovoltaica en la India depende de las importaciones de materia prima que son críticas, como las obleas de silicio. Transformar a la India en un referente mundial en este sentido incluye un liderazgo en cuanto a costos bajos y alta calidad en el proceso de fabricación y producto terminado. La implementación de una política proactiva en cuanto a un Paquete de Incentivos Especiales para la fabricación nacional de los componentes de los sistemas es crucial.

La fabricación local de colectores solares a baja temperatura es ya un hecho. Sin embargo, la capacidad de fabricación de colectores solares avanzados y sus componentes para aplicaciones en media y alta temperatura necesita crearse. Otro paquete de incentivos como el ya mencionado se contempla.

El sector de las Pequeñas y Medianas Empresas (PyMES) de la India conforma la columna vertebral de varios componentes de los sistemas fotovoltaicos contemplados. Se dará soporte a través de créditos blandos para la expansión de sus instalaciones, actualización de tecnologías y capital de trabajo. En este sentido será la IREDA la instancia financiera para estas actividades.

En ese sentido el Gobierno de la India asegurará el fondeo internacional y la transferencia de tecnología del exterior.

e) Investigación y desarrollo para una India Solar

Se contempla una estrategia de Investigación y Desarrollo (I+D) en este sentido. Primero, una mejora de calidad en los materiales existentes para la mejora de las eficiencias en los sistemas implementados, reducción de costos en los dispositivos y sistemas empleados, establecimiento de nuevas aplicaciones dirigiendo las actividades hacia la integración y la optimización. En segundo lugar, el desarrollo de tecnologías de almacenamiento con costos atractivos los cuales cumplan con diversas restricciones de almacenamiento, también el mejoramiento de los sistemas de concentración, aplicación de nanotecnología y el uso de materiales nuevos y mejorados. La misión solar será en este sentido neutral, permitiendo que la innovación tecnológica y las condiciones del mercado determinen a las mejores alternativas.

Un Consejo de Investigación Solar (CIS) será el encargado de valorar la estrategia; tomando en cuenta los proyectos en curso, la disponibilidad de las capacidades de investigación, los recursos y las posibilidades de colaboración internacional.

Un ambicioso programa de desarrollo de recursos humanos, a través del «encadenamiento» de aptitudes y destrezas, se establecerá para dar soporte y expandir un programa de energía solar a gran escala. En la Fase I, al menos 1.000 jóvenes científicos e ingenieros recibirán incentivos para recibir capacitación especializada en diferentes áreas de la tecnología de la energía solar como parte del plan a largo plazo de la misión en Investigación y Desarrollo.

Se implementarán proyectos demostrativos piloto dentro de las prioridades de desarrollo tecnológico y reducción de costos. La misión, además, contempla la implementación de estos proyectos en la Fase I; en adición a los ya iniciados por el MNRE, los cuales podrán ser implementados por inversionistas corporativos:

a) entre 50 MW y 100 MW de plantas solares térmicas entre cuatro y seis horas de almacenamiento (las cuales pueden contemplar cubrir los picos de la mañana, de la noche o ambos; con factores de carga hasta de 40%);
b) una planta solar térmica de 100 MW con base en la tecnología específica de canal parabólico;
c) una planta solar híbrida entre 100 MW y 150 MW, con complemento de carbón, gas o biomasa; para así cubrir variabilidades y restricciones de espacio;
d) varias plantas solares con capacidad sumada entre 20 MW y 50 MW, con o sin almacenamiento; basadas en la tecnología de receptor central y helióstatos, con fluidos de trabajo como sales fundidas o vapor, y otras tecnologías emergentes;
e) sistemas fotovoltaicos conectados a la red; colocados en las azoteas de edificios y otras instalaciones gubernamentales; con dispositivos de medición neta, y
f) sistemas de refrigeración solar para ubicarse también en edificios y otras instalaciones gubernamentales.

Las configuraciones y capacidades arriba mencionadas son indicativas y serán confirmadas después de consultas con todos los actores e interesados. Se implementará un proceso de licitación para las plantas solares demostrativas; las cuales ayudarán en la determinación de un mejor precio de la energía solar generada.

Se asegura que lleva un contenido máximo de componentes y mano de obra local. Dentro de los alcances de la licitación, se contempla una cláusula de transferencia de tecnología.

F. Ruta de desarrollo

La aspiración es la de asegurar la implementación a gran escala de los proyectos de generación con energía solar conectados a la red; así como de los descentralizados y los individuales. Los alcances por Fases y Segmentos de Aplicación se resumen en el cuadro III.1.2.

Cuadro III.1.2
Alcances por fases y segmentos para la misión solar India

Segmento de aplicación	Objetivos para la fase 1 (2010-2013)	Objetivos para la fase 2 (2013-2017)	Objetivos para la fase 3 (2017-2022)
Colectores solares	7 millones-m^2	15 millones-m^2	20 millones-m^2
Aplicaciones fuera de la red	200 MW	1 000 MW	2 000 MW
Aplicaciones conectadas a la red	1 000-2 000 MW	4 000-10 000 MW	20 000 MW

Fuente: Elaboración propia.

G. Marco regulatorio y de política energética

El objetivo de la misión es del crear un ambiente regulatorio y político el cual provea una estructura de incentivos predecibles que active rápidamente el crecimiento de las inversiones en aplicaciones generales de energía solar y aliente la innovación tecnológica y la reducción de costos.

Aunque en el largo plazo, la misión buscará establecer un marco regulatorio y legal específico para el sector para el desarrollo de la energía solar; en el corto plazo, será necesario embeber las actividades de la misión dentro de los alcances de la Ley de Energía emitida por el Lok Sabha (Cámara

Legisl|ativa) en 2003. Esta Ley ya da un lugar especial para las aplicaciones con energía renovable; pero dada la magnitud e importancia de las actividades contempladas por la misión; será necesario efectuarle enmiendas específicas. La Política Nacional de Tarifas de 2006 obliga a las Comisiones Reguladoras de Energía de los Estados (SERC, por sus siglas en inglés) a fijar un porcentaje mínimo de compra de energía proveniente de fuentes renovables tomando en cuenta la disponibilidad de los recursos energéticos primarios en la región y su impacto en la tarifa final. La obligación de compra de energía de origen solar por los Estados comienza con 0,25% en la Fase I para llegar a un 3% para 2022. Se complementa también con un Certificado de Energía Renovable; específicamente para energía solar, para permitir a las compañías eléctricas locales y a los generadores de energía solar comprar y vender los certificados para el cumplimiento de sus obligaciones con la energía solar.

La Comisión Reguladora de Energía Central (CERC) ha emitido recientemente guías para fijar tarifas de compra para la energía de origen solar tomando en cuenta los costos corrientes y las tendencias de la tecnología; revisándose anualmente. La propia CERC ha estipulado un acuerdo de compra de energía que las compañías eléctricas en conjunto con los promotores solares firmarán para 25 años.

Para lanzar lo más rápido posible la misión se ha hecho acuerdos con el Ministerio de Energía, la Corporación Nacional de Energía Térmica (NTPC, por sus siglas en inglés) y la Autoridad Central de Electricidad; quienes contribuirán en el despegue de la energía solar y así minimizar la carga al Gobierno Central.

Muchos inversionistas están deseosos de construir centrales de generación solar, aunque la venta de los productores independientes puede ser un problema debido al alto costo de la propia energía generada y el de las intermediarias compañías de distribución.

Para incentivar un número importante de proyecto solares, se han analizado varias alternativas de reducción de impacto por la tarifa. Una de ellas es vincular la generación de origen solar con la tarifa más barata de las centrales de generación y vender así esta generación a las compañías eléctricas a través de un precio regulado por la CERC. Esto traerá a la baja el faltante entre el costo promedio y el precio de venta de la energía. Para efectuar dicho vínculo, la energía tiene que ser comprada por una entidad y revendida al Estado por las compañías de distribución.

La NTPC[74] posee una compañía subsidiaria encargada de las negociaciones en los precios de la energía. Esta instancia será designada como Agencia Nodal entre el Ministerio de Energía para firmar Acuerdos de Venta de Energía con los desarrolladores de proyectos solares; en un período de tres años a partir de 2010; conectándose la red de 33 kV; con una validez de 25 años. Por cada MW instalado de energía solar, el Ministerio de Energía instruye a la empresa NVVN para asignar un monto equivalente de otro MW de capacidad a las subestaciones de la NTPC.

De igual manera, la NVVN vinculará esta energía a una tarifa fija y regulada por la CERC. En el caso de movimientos significativos en los precios con respecto a una media de mercado, el Gobierno entrará a revisar la situación. Cuando la NVVN distribuye esta energía a las compañías de distribución, estas se hallarán en el entendido de que deberán utilizar parte de esta energía para cumplir sus propias obligaciones de energía renovable, como determinan las autoridades regulatorias. La CERC emitirá disposiciones en este sentido. Al terminar la Primera Fase de la misión, aquellas compañías distribuidoras con capacidad financiera probada y demostrada voluntad de absorber la energía de origen solar, se incluirán en un Esquema de extensión para la Segunda Fase de la misión.

---

[74] NTPC Vidyut Vyapar Nigam Ltd. (NVVN).

La misión incentivará a los equipos solares FV en las techumbres de casas y otras edificaciones, así como otros pequeños proyectos solares que se conecten a la red de 11 kV; con miras a ir sustituyendo pequeños generadores a diésel. Quienes opten por estas alternativas serán elegibles para recibir una tarifa fija por parte de la CERC; en ambos sentidos de flujo, en consumo o en vertido a la red. Las compañías acreditarán los flujos de energía y pagarán o cobrarán de acuerdo con el resultado de este balance a las tarifas aplicables por la CERC. Un incentivo basado en generación se pagará a la compañía eléctrica para cubrir la diferencia entre la tarifa determinada por la CERC; menos la base Rs 5,50 por kWh con 3% de escalamiento. Los arreglos para la medición y la facturación entre la compañía eléctrica y el dueño del sistema FV en techumbre o azotea se harán de acuerdo con la normativa de la Comisión Reguladora local que aplique.

Los gobiernos estatales serán también los encargados de promover y establecer parques de generación solar con infraestructura dedicada para su crecimiento y así asegurar una capacidad de creación.

1. Fabricación de dispositivos solares en India: incentivos

Uno de los objetivos de la misión es tomar un papel de liderazgo mundial para la India en el ramo de las manufacturas de este particular sector (a través de la cadena de valor) y lograr una instalación entre 4.000 MWp y 5.000 MWp para 2020; incluyendo capacidades de fabricación de silicio poli-cristalino para que anualmente se puedan fabricar unos 2.000 MWp de celdas solares. India es ya un fabricante de paneles solares con una capacidad de 700 MW, la cual espera crecer en el futuro. Aunque la capacidad actual de fabricación de silicio es muy baja, esperan una expansión rápida para satisfacer la demanda de los mercados público y privado.

Actualmente no existe capacidad local de proyectos para generación eléctrica por alta temperatura de origen solar; además de requerirse la fabricación de colectores solares de concentración, receptores y otros componentes para satisfacer la demanda de proyectos de esta naturaleza.

Para lograr la meta de capacidad instalada, la misión toma en cuenta las siguientes premisas:

a) **creación de demanda local:** El Plan de 20.000 MW instalados con un correcto nivel de incentivos; aunados a proyectos gubernamentales de tipo demostrativo o piloto harán el mercado indio más atractivo para los inversionistas.

b) **financiamiento e incentivos**: Los tratados internacionales como incentivos a la fabricación de componentes incluyen:

    i) exenciones fiscales a las importaciones de equipos y materias primas;

    ii) préstamos a baja tasa de interés, y prioridad por parte de las instancias financieras, y

    iii) paquete especial de incentivos para la creación de fábricas de dispositivos como silicio poli cristalino y película delgada para módulos solares. Bajo el esquema de incentivos del Departamento de Tecnologías de la Información, existen 15 especialidades en el campo de la solar fotovoltaica, dentro de los cuales se incluyen fabricación de celdas cristalinas, poli cristalina y de película delgada; entre otras. La capacidad combinada de estos campos y proyectados para 2022 entre 8.000 MWp y 10.000 MWp serían suficientes para el cumplimiento de los objetivos de la misión; inclusive después de exportaciones.

Es recomendable que los componentes fabricados incluyan la *estrella del buró de eficiencia energética* para aseguramiento de los más altos estándares.

Una serie de incentivos análogos se requieren para los dispositivos de concentración solar. Se tendrá un Comité para la formulación de las políticas para la promoción de estos dispositivos en el país.

Se contempla también la participación de los Estados en un esquema de facilitación de las actividades con los correspondientes permisos que les competan.

También, la creación de dos o tres parques tecnológicos para fabricación de componentes. Esto llevará consigo la necesidad de infraestructura de apoyo a los parques; y la necesidad de ubicarlos cerca de grandes concentraciones urbanas con buenos accesos a puertos y aeropuertos para así asegurar un rápido acceso a materias primas de importación y personal de ingeniería de la más alta calidad.

H. Desarrollo de recursos humanos

La difusión a gran escala de la Energía Solar requiere de un importante incremento de mano talento calificado a nivel técnico e ingenieril; a estándares internacionales. Existe ya algo de capacidad en el país, aunque no se han establecido cifras específicas. Sin embargo, se visualiza que al final de la misión solar, la industria relacionada empleará al menos a unas 100.000 personas capacitadas y especializadas a través de un amplio espectro de habilidades. Están incluidas labores de dirección de ingeniería, así como de investigación y desarrollo.

Se contemplan las siguientes actividades para el desarrollo de recursos humanos:

a) Las universidades con escuelas y facultades de ingeniería, así como los institutos de investigación tecnológica serán involucrados en el diseño y desarrollo de cursos especializados en energía solar a diversos niveles (licenciatura, maestría y doctorado; con financiamiento gubernamental. Algunas instituciones ya están impartiendo cursos de energía solar a distintos niveles; labor que será decididamente fortalecida. Adicionalmente, se llevará a cabo un programa de capacitación nacional para técnicos para fortalecer las capacidades de instalación de sistemas y una red de servicios de posventa. El Directorado General para la Educación y la Capacitación bajo el Ministerio del Trabajo ha acordado introducir módulos de capacitación en los diversos temas de la energía solar a nivel técnico con miras a la creación de una fuerza de trabajo capacitada para dar servicio y mantenimiento a las aplicaciones solares instaladas. El MNRE ha iniciado ya esta labor con el Ministerio del Trabajo y en el corto plazo impartirá un módulo de capacitación. Adicionalmente, la industria está también trabajando con algunos Institutos Tecnológicos para crear fuerza de trabajo capacitada.

b) Un programa de becas del Gobierno para capacitar a 100 ingenieros, tecnólogos y científicos seleccionados en Energía Solar en instituciones de clase mundial será llevado a cabo, cubierto por los programas bilaterales que India tiene firmados con otras naciones. Serán apoyados inclusive al nivel de gestiones de institución a institución. El tipo de becas otorgadas se consideran a dos niveles: de Alta Especialidad (Maestría) e Investigación (Doctorado) en Energía Solar. El MNRE está ya implementando un programa de becas en este sentido, el cual será ampliado para incluir estudiantes de un gran número de instituciones académicas. Esta tarea se hará en concordancia con las

necesidades de la industria para así ofrecer las correspondientes oportunidades de empleo.

c) Crear un centro nacional de investigación fotovoltaica en el Instituto Tecnológico de la Ciudad Mumbai (antes Bombay); utilizando su Departamento de Ciencias de la Energía e Ingeniería y su Centro de Excelencia en Nano electrónica.

I. Arreglos institucionales para la implementación de la misión

Esta Misión será implementada por una Autoridad de Energía Solar; con carácter de autonomía; inmersa en la estructura del MNRE. Esta Autoridad será la responsable del monitoreo de los desarrollos tecnológicos, revisión y ajuste de incentivos, gestión general de los recursos y ejecución de los proyectos pilotos y/o demostrativos. Se hará un reporte periódico de avance al Consejo del Primer Ministro en Cambio Climático.

Las actividades contempladas dentro de la misión solar toman en cuenta a:

a) **un grupo de alta dirección,** encabezado por el Ministro de Energía Nueva y Renovable (MNRE); y compuesto por representantes de todos los otros Ministerios involucrados y otros actores importantes. Este Grupo tendrá capacidad total de gestión y decisión en cuanto a las políticas, proyectos y normas financieras consideradas dentro de la misión solar. Tendrá también capacidad de decisión sobre modificaciones a las normas de las actividades en curso.

b) **un comité ejecutivo de la misión**, encabezado por el secretario del MNRE; quien periódicamente revisará el progreso de implementación de los proyectos aprobados por el Grupo de Alta Dirección.

c) **un director de la misión** con el rango de Secretario Adjunto, quien encabezará el Secretariado de la misión y será responsable del funcionamiento diario e inclusive en la concreción de metas en los tiempos y presupuestos proyectados. El director de la misión tendrá además un grupo de funcionarios y científicos del más alto nivel; con la inclusión en el Grupo de Secretariado de la misión de otros científicos, expertos y consultores que juzguen convenientes.

J. Colaboración internacional

Existe un considerable trabajo en curso en distintos países para desarrollar la tecnología de la Energía Solar como una fuente alternativa y limpia de energía. Se desarrollarán las colaboraciones estratégicas y los patrocinios en el ámbito internacional enfocados al cumplimiento de las prioridades de la misión; tomando en cuenta mecanismos efectivos de transferencia de tecnología y una fuerte protección a la propiedad intelectual.

Se llevarán a cabo mecanismos de cooperación entre instituciones de investigación, la industria e inclusive a nivel individual para así generar nuevas ideas. Donde sea factible, se facilitarán los arreglos de cooperación bilateral e inclusive multilateral. El Departamento de Ciencia y Tecnología (DST, por sus siglas en inglés) ha apoyado la investigación conjunta con distintos países en distintos programas bilaterales. De hecho, se tiene ya un programa de investigación conjunta del MNRE con la Unión Europea. El MNRE está también implementando algunos proyectos bilaterales con naciones de la región del sudeste asiático; Japón y Australia. Se halla en gestión un programa de toma de datos de radiación solar con los Estados Unidos.

K. Financiamiento de las actividades de la misión

Los requerimientos de recurso para financiamiento de la misión tendrán la combinación de las siguientes fuentes de recursos:

a) apoyo presupuestal para las actividades de la misión solar Nacional establecidos por el MNRE, y
b) fondos internacionales de la Convención Marco de las Naciones Unidas en Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés), los cuales serán canalizados para apoyar las actividades de la misión.

La estrategia de la misión ha tenido en mente dos objetivos primordiales, el impulsar el desarrollo de la energía solar y mantener la premisa de que el reto para la accesibilidad y las propias restricciones financieras en un país donde millones de personas todavía no tienen acceso a un servicio básico de electrificación y viven en extrema marginación no pueden pensarse en soluciones de alto costo.

Los requerimientos de recursos económicos y condicionantes para la Fase II serán determinados después de una revisión del progreso general en la Fase I, así como un análisis de la eficacia del modelo adoptado para el aumento de la contribución eléctrica de origen solar por parte de las empresas eléctricas.

1. Mensaje de lanzamiento

El Dr. Manmohan Singh, Primer Ministro de la India, dio este mensaje en el lanzamiento oficial de la misión solar India (septiembre de 2009):

> *«Nuestra visión es hacer de la India una nación con un desarrollo económico asociado a la eficiencia de la energía. Después de un período de tiempo, debemos realizar un cambio gradual de nuestra actividad económica basada en combustibles fósiles y de la confianza en fuentes no renovables y contaminantes hacia las Energías Renovables. En esta Estrategia, el Sol ocupa una posición central, y será, literalmente la fuente de toda nuestra energía. Impulsaremos nuestros talentos científicos, técnicos y de gestión de mando; con suficientes recursos financieros, para desarrollar a la energía solar como una fuente de energía abundante para potenciar nuestra economía y transformar las vidas de nuestra gente. Nuestro éxito en esta travesía cambiará la cara de la India. También permitirá a la India ayudar en el cambio de los destinos de la gente de todo el mundo».*

2. Resultados alcanzados por el MNRE

Con la actividad y gestión de un Ministerio de Estado promoviendo el desarrollo e incursión de las Energías Renovables en la India se destacan los siguientes resultados:

a) se ha establecido una extensa base de fabricación de equipos y productos con base en las energías renovables;
b) India es el tercer productor a nivel mundial de celdas solares de silicio;
c) India es la quinta potencia instalada eólica mundial (13.065,78 MW, véase el cuadro III.1);
d) India ocupa el cuarto lugar mundial en la producción y utilización de aplicaciones fotovoltaicas, después de Japón, los Estados Unidos y Alemania;

e) India es el segundo lugar mundial en la utilización de plantas de biogás, solo después de China;
f) India es el primer lugar mundial en la producción de cocinas rurales[75];
g) se alcanza un nivel de producción anual de 11 MWp en paneles FV;
h) más de 60 compañías se hayan involucradas en la producción de sistemas solares FV completos;
i) existen ocho fabricantes y/o distribuidores de pequeños equipos de generación hidroeléctrica;
j) fabricantes se encargan de la producción de vehículos operados por baterías recargables;
k) se encuentran 15 compañías que fabrican turbinas eólicas;
l) existe un número no determinado de fabricantes de equipos de cogeneración con desechos de caña de azúcar y gasificadores de biomasa;
m) 33 compañías se encargan de la producción local de sistemas solares térmicos, así como de cocinas solares y calentadores solares de agua, y
n) hay 15 fabricantes de estufas rurales de biomasa, así como de aplicaciones de biogás.

L. Ventajas al aplicar este modelo en los países latinoamericanos

Habría ventajas de diversos tipos al tener un Ministerio de Estado que atienda las Energías Renovables en cada país de la región latinoamericana con esa misma visión. El Gobierno es el motor de la economía de un país, el cual regula las reglas del juego, participando directamente en el desarrollo de aquellas áreas prioritarias para un país. Con el apoyo del sector privado, se constituye un círculo virtuoso, en el cual todos los actores participan desde el ámbito de sus capacidades. Se perciben los siguientes beneficios al crear un Ministerio de Estado; como eje rector de las Energías Renovables en las naciones latinoamericanas:

a) constituir un ente regulador y promotor de las Energías Renovables con visión de largo plazo, el cual definiría el rumbo a seguir del sector energético de cada país, que cuando llegue a darse la carencia de hidrocarburos y/o altos costos que lleguen a ser prohibitivos para su adquisición, permitirá a las Energías Renovables entrar de lleno al protagonismo energético nacional;
b) permitir una importante diversificación del mercado energético, adicional al ya existente, trayendo tecnologías novedosas, de aplicación usual ya en otras naciones, como la solar fotovoltaica, la eólica, mini y micro-hidroeléctricas, aplicaciones diversas de biomasa (residuos agropecuarios, urbanos, municipales e industriales, cultivos energéticos, biocombustibles, usos de biogás en digestores anaerobios y rellenos sanitarios), así como el desarrollo y contribución de tecnologías con menor grado de desarrollo como la energía de los océanos y las celdas de combustible;
c) dar la oportunidad de posicionar estratégicamente a cada nación latinoamericana en el mercado de una nueva industria energética, trayendo en primera instancia la experiencia de las naciones expertas en estas tecnologías, para pensar posteriormente en desarrollar tecnología nacional, y posteriormente, en un plazo mayor, competir con tecnología propia en los mercados mundiales;

---

75 *Chulhas*, en lengua hindi.

d) garantizar la seguridad y diversidad del suministro energético, al ser generado en el sitio mismo y con los energéticos disponibles localmente, los cuales están libres de los vaivenes de las economías regionales e internacionales, promoviendo la independencia energética;
e) generación de empleos, al constituirse un nuevo sector de la economía;
f) promover tecnologías e industrias propias, una vez asimiladas las que provengan del exterior;
g) fomentar en general el desarrollo económico, social y regional, cuyos efectos sumados, traerá el desarrollo energético nacional;
h) proteger la ecología, al apoyar tecnologías que no emiten sustancias contaminantes al medio ambiente, manteniendo el balance de los ecosistemas, y
i) permitir el desarrollo sostenible del país, en una visión macroeconómica, consecuencia de todo lo anterior.

En especial en cuanto a la biomasa, se enfatiza la posibilidad de poder cambiar el paradigma de producir ciertos cultivos, anteriormente con fines alimentarios, con bajo valor de mercado y reducidos márgenes de utilidad (y en muchos casos nulos, llegando hasta las pérdidas), a producirlos con fines energéticos, trayendo el desplazamiento de combustibles fósiles por los biocombustibles producidos, reduciendo emisiones contaminantes y efectos adversos al entorno, y principalmente beneficiando a la población que otrora los producía, con nuevos empleos, desarrollo socioeconómico y posibilidades de reducir de forma notoria su condición de miseria.

Además, los aspectos implícitos de la tecnología traen los siguientes beneficios:

a) pensar en economías de escala por magnitud de aprovechamiento, reduciendo los costos de inversión por unidad de generación instalada (kilowatt o megawatt) ante una mayor disponibilidad de aprovechamiento del recurso renovable, pudiendo pensar en mayores tamaños de planta, y
b) aprovechar la característica modular implícita de la tecnología, lo que permite ir desarrollando infraestructura en forma gradual y conforme a los requerimientos de la demanda y disponibilidad de recursos técnicos y económicos.

Al existir ya diversos Ministerios de Estado en materia de Energía en los diversos países latinoamericanos, se considera que más que uno adicional, es crear una importante división en las mismas que atienda las Energías Renovables para cada nación con visión de largo plazo; y en algunos casos; transformar y ampliar las capacidades de organismos autónomos dentro del sector energético nacional para pensar en ellos como verdaderos Ministerios de Estado para el Aprovechamiento de los Energéticos Renovables en cada nación, adicionándole las capacidades de las instancias del sector energético de cada país como entes reguladores, compañías eléctricas e institutos de investigación; aprovechando la experiencia generada; englobadas como un solo ente, y trabajando de manera conjunta con el Ministerio de Estado propuesto como cabeza de sector especializado en Energías Renovables. En muchos casos se tienen direcciones, subdirecciones, gerencias dentro de los Ministerios de Energía en el campo de Hidrocarburos, ¿por qué no pensar en crear los correspondientes análogos en Energías Renovables?

Cabe mencionar en este sentido, y hasta donde se tiene nota, que Ecuador posee ya un Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, el cual formula la política nacional del sector eléctrico y la gestión de proyectos en este sentido; con instrucción directa del presidente de la República de Ecuador. Emanó del Ministerio de Energía y Minas y trajo de éste las dependencias correspondientes

a Electrificación; así como la Dirección de Energías Renovables y Eficiencia Energética; transformando el primero al Ministerio de Minas y Petróleos.

Otras instancias de gobierno, privadas y sociales vienen a complementar el trabajo que una instancia creada o ajustada que atienda las Energías Renovables en cada nación del ámbito latinoamericano pueda realizar.

M. Conclusiones

Se espera que esta propuesta sirva como marco de referencia para la incursión definitiva y realista de las Energías Renovables con una visión de Estado en la región latinoamericana; en cada uno de los países que lo componen, y que, por similar característica de estar en vías de desarrollo como la India, la experiencia de esta constituye un ejemplo más cercano a la realidad de América Latina.

Obviamente, no se podrá hacer una copia al carbón del Ministerio indio a uno posible en cada país latinoamericano, pero que exponiendo las principales características del indio se podrá ir adaptando o haciendo las diferencias pertinentes que, por distinto marco legal, idiosincrasia y cultura tiene cada nación latinoamericana con la India, e ir aportando los condicionantes particulares que cada nación pueda requerir.

Hay naciones como el Brasil, Cuba, Chile y México, que han establecido ya los respectivos memoranda de entendimiento de sus instituciones análogas con el MNRE de la India y que bien pueden aprovecharse para conocer y eventualmente aplicar este modelo de gestión. Otro caso es el de Ecuador, que con su Ministerio de Electricidad y Energía Renovable apunta el desarrollo energético de esta nación hacia el desarrollo sostenible.

Es indispensable la participación de las Instancias Legislativas (Congresos, Parlamentos, Cámaras de Diputados y Senadores) en el proceso desde el comienzo, para que los resultados de las gestiones se plasmen en leyes, reglamentos y normativas de índole nacional; y no estar sujetos así a la reinvención que varias naciones sufren en cada ciclo electoral.

Los apoyos gubernamentales (en todos sus niveles e instancias) de cualquier tipo resultan beneficiosos al contribuir al desarrollo de instalaciones autónomas que no requieren combustibles fósiles, que por ende no contaminan, y cuya tecnología no resulta tan sofisticada que no pueda ser elaborada en cualquier país medianamente desarrollado (América Latina no es la excepción); o bien aprovechar la ya existente, aprovechando la punta tecnológica de otras naciones.

La venta a países desarrollados de certificados de reducción de emisiones, dentro del Mecanismo para el Desarrollo Limpio, puede traer a los proyectos del sector energía de cada nación latinoamericana que reducen emisiones de gases de efecto invernadero, y particularmente a los que utilizan Energías Renovables, importantes beneficios económicos que contribuirán de manera significativa a acrecentar su viabilidad económica.

La creación de una institución como Ministerio de Estado específico en Energías Renovables y directamente instruido por el primer gobernante de cada país, como principal promotor y eje de desarrollo energético sostenible basado en las Energías Renovables, e implementando políticas energéticas de largo plazo como la mencionada misión solar.

Un ministerio de estado específico atendiendo las energías renovables de cada nación latinoamericana contribuiría al desarrollo energético sostenido de cada país, con visión de largo plazo.

Finalmente, y para la reflexión, queda de manifiesto la organización y voluntad de una sociedad de casi 1.200 millones de personas puede hacer, con 22 idiomas oficiales hablados y otros 14 de aplicación popular, social y culturalmente más complejos que la gran mayoría de las naciones del mundo, con su sistema de castas, han podido ponerse acuerdo y colocar a su país en una vía importante de desarrollo sostenido. ¿Podrá aplicarse en el entorno latinoamericano?

N. Bibliografía

Aitken, Donald (2006), «Libro Blanco. Transición hacia un futuro basado en las fuentes renovables de energía», trad. Rincón, Eduardo y otros, *International Solar Energy Society (ISES)*, Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM), México.

AEIF (Asociación Europea de la Industria Fotovoltaica) (2010), *Unlocking the Sunbelt Potencial of Photovoltaics*, Bruselas, Bélgica,pág. 55.

Deo, Pramod y Shrikant Modak (2005), «Electricity Reforms and Green Power Development», World Institute of Sustainable Energy (WISE), India, pág. 151.

Revista «Akshay Urja» del MNRE (2005-2011)

Misión solar India Jawaharlal Nehru (2009), MNRE, India.

Ministerio de Estado de la India especializado en Energías Renovables (MNRE), a través de portal en internet <www.mnre.gov.in/>.

Kamdar, Mira (2008), «Planeta India», trad. Gloria Padilla Sierra y otros, México, D.F., Grupo Editorial Patria, pág. 294.

Paz, Octavio (2009), «Vislumbres de la India», Editorial Planeta (bajo el sello de Seix Barral-España), México, D.F., pág. 239.

Pillai, G. M. (2010), «A Solar Future for India», World Institute of Sustainable Energy (WISE), India, 650 pp.

______ (2006), «Power Drain. Hidden subsidies to conventional power in India», World Institute of Sustainable Energy (WISE), India, pp. 90.

______ (2006), «Wind Power Development in India», World Institute of Sustainable Energy (WISE), India, pág. 412.

______ (2005), «The New Energy Economy», World Institute of Sustainable Energy (WISE), India, pág. 254.

Publicaciones del autor en la revista especializada mexicana «Energía a debate: una revista escrita por expertos del sector energético» sobre el desarrollo en materia de fuentes renovables de energía en la India encabezadas por su Ministerio de Estado especializado; véase <energiaadebate.com/>.

Artículo III.2
Políticas sinergiales para el desarrollo de fuentes renovables de energía, sostenibilidad ambiental y adaptación al cambio climático

Roberto Jiménez Gómez*
Instituto Costarricense de Energía (Costa Rica)

A. Introducción

América Latina, y en particular Centroamérica, enfrentan el reto de abastecerse de energía de forma sostenible, a precios razonables y orientados al desarrollo de sus naciones. Para tal propósito es necesario articular políticas públicas integradas que generen una serie de complementariedades que permitan poner a disposición la energía necesaria de forma segura, con el menor impacto socio ambiental y que asegure el mayor desarrollo local en las zonas de influencia de los proyectos energéticos, coadyuvando a la vez con medidas de adaptación al cambio climático.

Este ensayo busca demostrar que es posible articular un conjunto de acciones de política, que de forma participativa promuevan estrategias de desarrollo regional y local a partir de proyectos energéticos. Para ello es necesario integrar información hidrometeorológica, así como las acciones orientadas a la protección, manejo y recuperación de los recursos naturales y el ambiente que sean de utilidad para el desarrollo y aprovechamiento energético y como medidas de adaptación al cambio climático. Además, se brindan una serie de criterios y experiencias, en especial del sector eléctrico, tendientes a facilitar el desarrollo de las fuentes renovables de energía y el bienestar en las zonas de influencia de los proyectos.

Para lograr el éxito las políticas deben surgir del fortalecimiento de las capacidades de las instituciones responsables y enfatizando en la capacidad de planificar, ejecutar, evaluar y dar seguimiento. La participación ciudadana, el desarrollo local y el enfoque por cuencas hidrográficas deben ser ejes fundamentales.

Este ensayo inicia con el marco de referencia conceptual en donde se plantea la dicotomía entre crecimiento, necesidades energéticas y sostenibilidad ambiental. Posteriormente incluye los requerimientos energéticos y la forma en que se ha abastecido de energía eléctrica. Con el fin de comprender la especificidad del sector eléctrico de Costa Rica, se dedica una sección para describirlo y enfatizar en políticas públicas relevantes, la problemática que enfrenta el desarrollo eléctrico del país, la existencia de áreas protegidas y la alta sensibilidad ambiental que prevalece.

Para integrar el cambio climático a la discusión, se presentan algunos efectos de este fenómeno. Posteriormente se desarrollan una serie de acciones estratégicas que a criterio del autor son esenciales para compatibilizar el desarrollo de las fuentes renovables de generación eléctrica, la protección del ambiente, el mejoramiento socioeconómico de las comunidades y la adaptación al cambio climático. Finalmente se plantean algunas lecciones aprendidas en el ámbito regional.

* Contacto: C.E.: robertojg@racsa.co.cr y rjimenezg@ice.go.cr.

B. Marco de referencia conceptual para la relación economía, ambiente y energía

La economía ha asumido supuestos implícitos de que las actividades económicas se realizan en un ecosistema infinito, no ha considerado la posibilidad de: agotamiento de los recursos naturales, de alcanzar los límites de capacidad de asimilación de los ecosistemas de afectación significativa de la calidad ambiental y la vida misma o de daños irremediables en el planeta, como aquellos que puedan generar ante el cambio climático.

Los cambios, producto de la industrialización, que se han experimentado en los últimos 200 años sobre el sistema económico, son de una magnitud y características y velocidad que han generado afectaciones significativas en el planeta con consecuencias cada vez más evidentes, que han creado amenazas sobre la reproducción de ecosistemas sustentadores de la vida misma y por lo tanto del sistema económico.

En términos ecológicos, la Tierra ha evolucionado desde un «mundo joven y vacío» (sin personas y sus pertenencias), pero lleno de capital natural, a un «mundo lleno» maduro, donde las necesidades, percibidas o no, conllevan a una mejora cuantitativa de la conexión entre sus componentes (desarrollos), alianzas cooperativas y flujos de desechos reciclados en un «circuito cerrado» (Constanza, 1999).

El subsistema económico ya ha alcanzado o excedido límites en la capacidad de los recursos. Evidencia de ello es: i) la apropiación humana de la biomasa; ii) la degradación ambiental; iii) la ruptura de la capa de ozono; iv) la extensión del subsistema económico más allá de la conveniencia del ecosistema global; v) menor capacidad de regeneración y asimilación de los recursos, vi) capacidad sobrepasada de asimilación de los vertidos; vii) existencia de un crecimiento poblacional que escapa a los límites sugeridos por diversos convenios e informes científicos, y viii) una continua pérdida de ecosistemas y, en consecuencia, de diversidad biológica (Common M. y Stagl S., 2008).

Los efectos citados hacen necesario replantear el sistema económico, para tratar de hacerlo sostenible, desmaterializado y con nuevas formas de realización orientadora mejorar la calidad de vida, congruentes con un planeta que requiere tener presente restricciones que los ecosistemas plantean.

Contrario a lo que muchos puedan pensar, la relación actividades humanas versus ambiente son el fundamento mismo de la economía como ciencia, sobre todo cuando se considera tener recursos limitados, usos alternativos, satisfacción, bienestar, posibilidades de producción presentes y futuros, capital creado por el hombre y capital natural. Todos estos son aspectos intrínsecos a la Ciencia Económica que va más allá de sus propias limitaciones y que la han llevado a un pensamiento restringido desfavoreciendo su desarrollo y a su aporte a la solución de los grandes problemas de la sociedad actual.

Georgescu-Roegen (1971), uno de los pioneros de los fundamentos de la economía ecológica, hizo un importante aporte al indicar que el sistema económico se subsistema de otro mayor abierto y condicionado a las leyes de la termodinámica, propuso que toda actividad requiere de energía y que las leyes de la termodinámica gobiernan lo que pasa con dicha energía usados por el proceso económico. La segunda ley (entropía) identifica la economía como un proceso que incrementa la entropía de la naturaleza, produciendo una muerte lenta. El fundamento económico y ecológico es que actualmente es necesario de considerar sobre todo para el planteamiento de soluciones tecnológicas sostenibles como el reciclaje y el aprovechamiento de fuentes de energía renovables no

convencionales, pues en muchos casos estas leyes establecen limitaciones a la viabilidad de dichas alternativas o justifican su empleo (Common M. y Stagl S., 2008).

La industrialización sin precedentes que se ha tenido, en donde los combustibles fósiles han sido centrales en el campo energético y la provisión de diferentes insumos ha llevado a que, en poco tiempo, de acuerdo con la escala temporal de los ecosistemas naturales, el subsistema económico ha llenado de infraestructura, materia, población y flujos de insumos, residuos; contaminación, a tal grado que la capacidad de recuperación del capital natural y de asimilación de los ecosistemas. Este desequilibrio ha provocado alteraciones en ritmo y las condiciones que se requieren para mantener dicho capital natural y la calidad ambiental, necesarios para la reproducción de los diferentes componentes sustentadores de la vida en el planeta (Pearce y Turne, 1995).

Uno de los problemas fundamentales que enfrenta la sociedad actual en su relación con el ambiente, es que lo común sea la falta de internalización en los precios del valor de una serie de servicios ambientales, recursos y funciones ecológicas, lo cual hace que el sistema de precios de los bienes y servicios, no brinden las señales correctas a los agentes económicos. Todo esto nos conduce a una explotación-contaminación-daño excesivo de esos recursos vitales para la sostenibilidad del planeta; esto ha sido denominado externalidades negativas dentro de lo que se llama fallas del mercado (Azqueta y Barry, 1996). No obstante, para muchos esto va más allá de una falla y tiene que ver con la misma lógica del sistema económico que no ha tenido en cuenta a todos los elementos requeridos para la reproducción de la base biofísica. Por ejemplo, una expresión de esta situación es el cambio climático asociado a las actividades humanas que se ha podido percibir en las últimas décadas. La CEPAL y otros (2010) indican que:

«Desde la óptica económica es más rentable actuar ahora que dejar el problema a las generaciones futuras, además de las consideraciones éticas de esta posición. Los resultados confirman que el cambio climático es el mayor fracaso del mercado jamás visto por no internalizar el valor del clima como bien público global y no registrar adecuadamente los impactos sociales y los servicios ambientales» (CEPAL y otros, 2010:16).

La CEPAL proyectó que, sin acciones internacionales de mitigación, la región (Centroamérica), hasta ahora el manuscrito no ha definido un marco geográfico de referencia) podría sufrir para fines del siglo, pérdidas cuantiosas en el sector agrícola y en la biodiversidad, fuertes presiones sobre la infraestructura e incremento en la intensidad de eventos extremos, que se acumularían hasta representar cifras importantes del PIB actual (CEPAL, 2009). Es decir, el no tomar medidas lleva tarde o temprano al pago de la factura pendiente por los países (Stern, 2007).

Ante el fenómeno de cambio climático, se han planteado diferentes políticas internacionales y nacionales para tratar de disminuir las emisiones, entre ellas las tecnologías limpias, los pagos por emisiones evitadas y remuneraciones a sumideros. Igualmente se han llevado a cabo investigaciones que buscan establecer los costos que para la economía tendría diferentes escenarios de cambio en el clima y por otra parte, los costos de medidas de mitigación y adaptación que permitan disminuir las emisiones y poder aspirar a escenarios menos negativos para el planeta, en especial para los países más pobres quienes son los menos preparados y se ubican en las regiones más vulnerables (CEPAL, 2009).

Este ensayo busca con base en experiencias de Costa Rica, plantear medidas de política y acciones orientadoras para compatibilizar el desarrollo eléctrico, mejoramiento ambiental y social y preparación para el cambio climático. Para ello se considera ciertas orientaciones y acciones mediante las cuales es posible lograr en Centroamérica una mayor proporción con fuentes de energía

renovables, lo cual ayuda a la mitigación del cambio climático y a los efectos negativos que la factura petrolera tiene en el uso de combustibles fósiles.

Tener una red hidro-meteorológicos robusta para estudiar proyectos de generación eléctrica, contribuyen a la elaboración de escenarios más robustos para el cambio climático, además el desarrollo de proyectos de generación eléctrica, brindan posibilidades para la adopción de acciones en el desarrollo local, manejo de cuencas hidrográficas y la aplicación de beneficios compartidos en las zonas de influencia de proyectos, todo esto puede mejorar el bienestar de las comunidades y coadyuvar a la adaptación al cambio climático.

C. Las necesidades energéticas regionales

La región centroamericana ha tenido y tendrá una importante demanda de energía, la tasa de crecimiento ha sido en la mayoría de casos mayores al 6% anual. Los procesos de modernización de sus estructuras productivas, el acceso a energía comercial de diferentes sectores sociales que no han tenido posibilidad de adquirirla (dados los lentos pero permanentes aumentos de la cobertura eléctrica), el patrón de sus sistemas productivos que no han desarrollado instrumentos para una mayor eficiencia energética plantea una creciente demanda de energía para la próxima década. Centroamérica no tiene hasta ahora una provisión de petróleo propio, por lo cual, la necesidad energética de combustibles fósiles es prácticamente importados en su totalidad. Esto genera consecuencias sobre la balanza comercial y provoca que los países sean vulnerables a la volatilidad de los precios de los hidrocarburos.

De acuerdo con la CEPAL (2007), los países centroamericanos alcanzaron un consumo final de energía de 158 Mbep, distribuido en un 45% de derivados del petróleo, 38% biomasa, 12% hidroelectricidad y 5% de otros (2007). El estudio señala que los dos sectores de mayor consumo energético en la región fueron el residencial, con 43% (dentro del cual la leña representó 83%), y el de transporte, con 30%, principalmente de derivados del petróleo. De ese estudio se evidencia que, del consumo total de derivados de petróleo, el sector transporte utilizó el 66%. Por otra parte, llama la atención del uso de la biomasa como fuente energética si no se tienen programas de reforestación, es un serio riesgo para la región.

La ausencia de ordenamiento del territorio, apropiadas carreteras e infraestructura en general, junto con el uso de tecnologías antiguas en las flotas vehiculares, explican la alta proporción de consumo de hidrocarburos.

El subsector electricidad ha aumentado significativamente el uso de derivados del petróleo para generar electricidad. Esta situación ha sido negativa para los restringidos presupuestos de las familias centroamericanas, al estar los precios indexados al valor del petróleo y sus derivados.

Como lo indica la CEPAL (2010), el 47,2% de la electricidad proviene de fuentes hídricas; de derivados del petróleo (37,3%); geotermia (8%); bagazo de caña en ingenios azucareros (4,7%); carbón (1,8%) y viento (1,1%). En promedio, en la región el 61% de la electricidad proviene de fuentes renovables, aunque existe una importante heterogeneidad en cada país: Costa Rica (95,1%), El Salvador (56,8%), Panamá (56,6%), Guatemala (53,2%), Honduras (45,5%) y Nicaragua (29,9%).

De acuerdo con Pérez (2009), la capacidad por desarrollar en fuentes renovables de energía supera con creces la demanda de energía eléctrica en el Istmo Centroamericano. El potencial estimado de recursos hidroeléctricos es de 22.068 MW, en recursos geotérmicos de 2.928 MW y en recursos eólicos de 2.200 MW. Indica además que se aprovecha un 17% del potencial hidroeléctrico y un 15% el geotérmico. Estos datos deben verse con cierto optimismo, aunque con mucha precaución, ya que no siempre es posible tener proyectos factibles partiendo del potencial.

La dotación de fuentes de generación eléctrica con fuentes renovables en Centroamérica permitiría un mejoramiento sustantivo de los resultados obtenidos. Para ello deben de establecerse políticas públicas de incentivos, regulación y planificación que van más allá de lo que el mercado puede dar. La lógica del mercado puede ser de utilidad, aunque la orientación de las fuentes, los objetivos y metas deben ser establecidos por las autoridades de cada país. En caso de que la institución mercado es insuficiente o ineficaz, deben de emplearse otros instrumentos. Varios países de la región, lamentablemente los de más carencias socioeconómicas, el porcentaje de generación con renovables es menor al 50%.

En la siguiente sección se analizan algunas particularidades del sector eléctrico de Costa Rica, a propósito del porcentaje elevado de generación con fuentes renovables, en busca enseñanzas potencialmente replicables en la región.

D. Estructura y estrategia del subsector eléctrico de Costa Rica

1. Marco normativo y organizacional

Como se muestra en el cuadro III.2.1, la rectoría del sector energía recae sobre el Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones (MINAET), el cual con base en legislación existente elabora el Plan Nacional de Energía (PNE) que orienta las acciones de los actores del Sistema Eléctrico Nacional (SEN), específicamente el Plan de desarrollo eléctrico nacional (PDEN) que busca orientar a largo plazo la expansión del desarrollo de generación, transmisión y distribución eléctrica del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) e integrando los proyectos de desarrollo de otras empresas del sector eléctrico.

Cuadro III.2.1
Organizaciones del subsector eléctrico de acuerdo con la actividad o competencia que ejercen

Actividad o competencia	Organizaciones participantes				
Rectoría y definición de políticas nacionales	El Poder Ejecutivo por medio del MINAET sustentado en la Dirección Sectorial de Energía				
Regulación de los servicios públicos	La Autoridad Reguladora de Servicios Públicos para todas las fases del subsector eléctrico				
Planificación de largo plazo del subsector eléctrico	El ICE basado en el plan nacional de energía del MINAET				
Centro de control y despacho del SEN	El ICE, con base en criterios técnicos de operación del SEN				
Producción de electricidad	ICE	Generadores privados	Cooperativas	Empresas municipales	Cogenerado res
Transporte de electricidad	ICE				
Distribución	ICE	Cooperativas	Empresas municipales	CNFL	
Comercialización	No se realice				

Fuente: Jiménez, 2009.

En el segmento de producción de electricidad es donde se da mayor participación de actores, con el ICE como el dominante y en la legislación previa a las leyes 7200 y 7508, no había ningún tipo de limitación para que empresas de diverso tipo pudieran participar, estas leyes restringieron y

establecieron estímulos a la generación privada. En el cuadro III.2.1 se muestra que las cooperativas y empresas municipales han aumentado su interés y participación en el segmento de generación eléctrica.

El transporte de alta tensión, el despacho y la planificación han estado a cargo del ICE. La primera no ha generado discusión pues se considera una actividad monopólica, mientras que al despacho y la planificación hay división de criterios de actores sociales, para unos esto se ha realizado de forma adecuada por parte de un ente público nacional, mientras que otros dudan sobre la doble labor del ICE con labores de carácter nacional de planificación y dirección, y a la vez de la participación en actividades empresariales como otros actores del sistema eléctrico nacional.

Aunque se aprecia que el ICE tiene un papel protagónico, también se han ido incorporando nuevos actores: por ejemplo, en la fase de producción se tienen cooperativas, empresas municipales y generadores privados de electricidad. En la fase de distribución de electricidad se tiene la participación igualmente de cooperativas, empresas municipales, la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL) y el ICE, cada una con concesión en un determinado territorio, al ICE le corresponde atender a todas las regiones no concesionadas y dispersas del país. En el cuadro III.2.2 se presentan las principales políticas públicas aplicadas en el país en el sector eléctrico.

Cuadro III.2.2
Costa Rica: resumen de políticas empleadas en el sector eléctrico

Instrumento de política	Contenido de la acción	Resultados
Ley 449 (abril de 1949)	Crea al ICE y lo faculta para investigar, explorar y explotar los recursos naturales del país para generar electricidad. Con base en ello el ICE ha desarrollado proyectos, realizado inventarios del potencial de las diferentes fuentes energéticas, ha realizado contratos de compra de energía a generadores privados de fuentes renovables.	Inventario de potenciales fuentes renovables del país. Más del 95% de la generación con fuentes renovables. Cobertura eléctrica del 99%. Sistema con subsidios cruzados para expansión de la cobertura y sectores de menos consumo.
Ley de Cooperativas electrificación 1963	Se crea el marco legal para la participación de cooperativas de electrificación rural en diferentes zonas del país	Permite a empresas privadas y cooperativas apoyar la electrificación del país, asignándoles zonas específicas.
Ley 7200 (28-09-1990) y 7508 (31-05-1995)	Establece el marco legal para contratar energía producida por generadores o cogeneradores privados. Autoriza al ICE para comprar electricidad definiéndole ciertas disposiciones, de dos formas por contrato de compra (7200) y por BOT (7508)	Se tiene alrededor de 170 MW de generación privada (12%) del total del sector con fuentes renovables. Precios elevados de compra de energía. Incorporación adicional de biomasa y eólica a la generación.
Ley 3300: JASEC (16-07-1964) y Ley 5889 (8-03-1976) ESPH (05-1998)	Crea empresas municipales para distribución y producción de electricidad en su jurisdicción.	Permite tener proveedores de servicios en la fase de distribución y productores de electricidad en el país por medio de empresas municipales.
7593 (5-09-1996) ARESEP	Establece servicios eléctricos, como un servicio público, por ello debe solicitar a ARESEP fijar tarifas al costo, así como calidad	Rezagos tarifarios que producen problemas de financiamiento al ICE. Servicio al costo, cierta influencia política en definición de tarifas.

(continúa)

Cuadro III.2.2 (conclusión)

Instrumento de política	Contenido de la acción	Resultados
Leyes generales	Contratación administrativa, Administración financiera, Ley Contraloría, Autoridad presupuestaria, entre otras.	Establecer normas, procedimientos y reglas a cumplir por las instituciones públicas que definen significativamente su accionar en la forma, el fondo y los tiempos de respuesta. Autoriza uso de recursos para diferentes fines y la realización de contrataciones.
Plan Nacional de Desarrollo (PND)	Define orientación y da prioridad en los procesos de aprobación ante diferentes entes del Gobierno, es un mecanismo indirecto pero relevante, guía asignación de recursos.	
Plan Nacional de Energía (PNE)	Establece promoción y metas específicas en fuentes renovables, complemento del PND. No define fuentes de financiamiento; ICE responsable.	
Plan de Desarrollo Eléctrico Nacional (PDEN)	Establece plan fijo a cinco años e indicativo a 15 años con base en modelos de mínimo costo y la máxima seguridad de abastecimiento. Incluye proyectos eléctricos a desarrollar, su orden en el tiempo y las políticas del sector.	Define de forma precisa la combinación de fuentes, forma de financiamiento, lo cual ha llevado a acciones concretas y planificadas. Criticado por los que quieren reforma pues lo hace el ICE.

Fuente: Jiménez, 2009.

Es conveniente resaltar que se ha dado la aplicación de políticas públicas de forma sistemática desde el Plan Nacional de Desarrollo hasta la aplicación de presupuestos y directrices en el sector público coherentes con el énfasis en el uso de fuentes renovables. Por otra parte, junto a las políticas nacionales, se han tenido organizaciones públicas, en el caso especial del ICE, con capacidad para realizar acciones que han permitido cumplir con las metas establecidas por el país, en específico contar con una generación basada en fuentes renovables y con una alta diversificación de fuentes energéticas.

Otro aspecto que debe de tenerse en cuenta es que de forma paulatina y pragmática el país ha venido sumando gradualmente actores al sistema de generación eléctrica. Generadores privados integrándose, vendiendo de forma segura su energía a un comprador único, sin asumir los riesgos que las oscilaciones de la generación renovable crean en los mercados eléctricos y que serán mayores por aspectos climáticos. Unido a ello, empresas municipales y cooperativas de electrificación rural han ido asumiendo la generación eléctrica.

Pese a que Costa Rica tiene inventariado su potencial de generación y ha mostrado capacidad para el desarrollo de proyectos eléctricos, existen una serie de limitaciones y retos que tendrá que enfrentar los próximos años, entre los que se encuentran:

a) la posible contradicción de su política de protección de los recursos naturales y el uso de los recursos energéticos;

b) el uso alternativo de los recursos y el ambiente;

c) la conciencia ambiental y la normativa legal desarrollada en el país, y

d) El deterioro ambiental y los posibles efectos del cambio climático a mediano plazo son elementos que afectan significativamente el desarrollo y operación del sistema eléctrico.

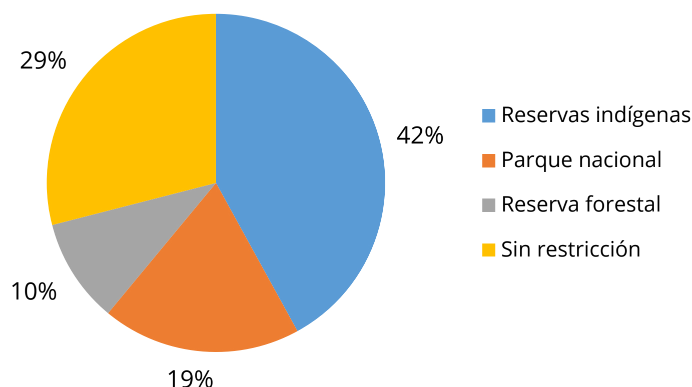
Estos aspectos, principalmente hacen muy complejo el desarrollo de proyectos energéticos, por lo que sobre estos retos y restricciones se tratará la siguiente sección.

2. Los recursos para generación y sus restricciones

En Costa Rica se tiene una estimación del potencial de las diferentes fuentes energéticas para generar electricidad. En el caso de la fuente hidroeléctrica es la más abundante, de menor costo, más madura y con mayor valor agregado nacional. No obstante, se tiene una serie de restricciones (véase el gráfico III.2.1).

Como se aprecia en el gráfico III.2.1, el 42% del potencial se encuentra en reservas indígenas, el 19% en parques nacionales y 10% en reservas forestales. Únicamente el 29% de los recursos se encuentran fuera de áreas con algún grado de restricción. Unido a la restricción legal establecida el país ha desarrollado un marco normativo adicional de protección del ambiente y de derechos ciudadanos, lo cual junto con un importante desarrollo de organizaciones sociales de corte ambientalista hacen más difícil el desarrollo de proyectos eléctricos en el país.

Gráfico III.2.1
Costa Rica: potencial de generación eléctrica de acuerdo con restricción, 2010



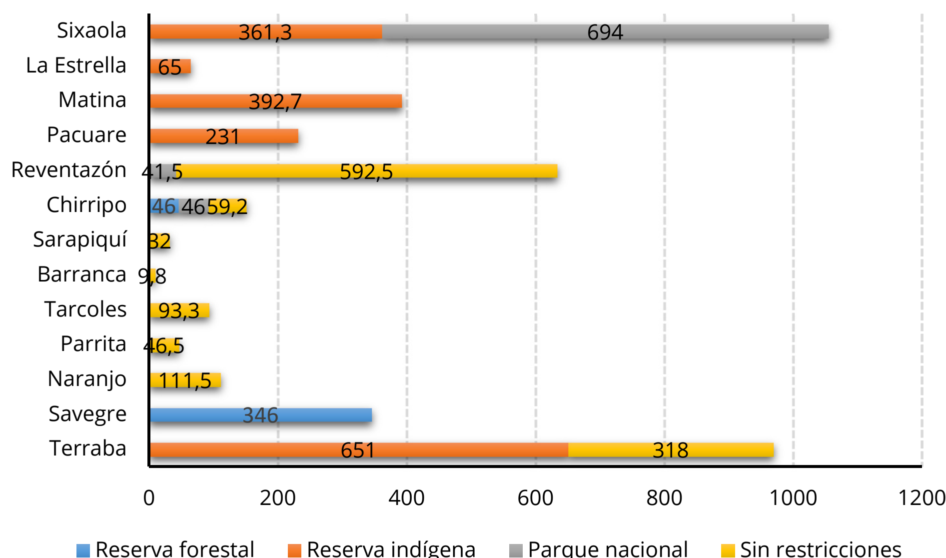
Fuente: CENPE-ICE, 2011.

El gráfico III.2.2 presenta el potencial de generación hidroeléctrica por cuenca hidrográfica que ha sido considerada de interés para generación eléctrica. La cuenca de mayor potencial es Sixaola con 1.055,3 MW, representando el 25,6% del potencial en donde han sido ubicados posibles proyectos. No obstante, en esta cuenca es prácticamente imposible realizar algún proyecto debido a que éstos se encuentran en Reservas Indígenas o Parques Nacionales.

La segunda cuenca en importancia para la generación hidroeléctrica es Térraba, en la cual está en proceso de viabilidad socio ambiental el proyecto más grande con que cuenta el país; uno de los pocos con embalse de regulación plurianual. Dos terceras partes del potencial de proyectos identificados en esa cuenca tienen restricción por ubicarse en la reserva indígena. En la cuenca del río Pacuaré se ubica uno de los proyectos más atractivos técnica y económicamente, con capacidad

de regulación plurianual. No obstante, varios grupos ambientalistas y entidades que hacen uso del río para fines turísticos han logrado evitar hasta ahora el desarrollo del proyecto.

Gráfico III.2.2
Costa Rica: potencial de generación hidroeléctrica por cuenca hidrográfica, en MW y por tipo de área protegida (restricción)



Fuente: Adaptación y elaboración propia con base en datos CENPE-ICE.

Es evidente la fuerte restricción que tiene el país para desarrollar su potencial de generación eléctrica de las fuentes renovables convencionales. Un importante potencial de las fuentes hidroeléctricas y geotérmicas aún no explotadas se ubica en áreas con restricciones totales o parciales, por ser áreas protegidas (parques nacionales o refugios de vida silvestre) o reservas indígenas.

Unido a ello las limitaciones de las fuentes renovables no convencionales deben ser consideradas. La energía eólica representa un potencial de alrededor de 600 MW para Costa Rica, es rentable y se ha ido incorporando paulatinamente, el país tiene la mayor penetración en esta fuente de América Latina. Por sus características no proporciona energía firme al sistema, lo que obliga a complementos en energía firme como la hidroeléctrica o la térmica. Este hecho contradice el planteamiento de algunos que pretenden un desarrollo eléctrico basado únicamente en fuentes renovables no convencionales, las cuales en el ámbito internacional muestran de forma clara fuertes limitaciones a mediano plazo para subsanar la creciente demanda energética del modelo de crecimiento económico actual.

La energía solar fotovoltaica tiene un alto costo y su componente importado es elevado, lo cual restringe su efectivo aporte a mediano plazo (15 años). Si está fuente fuera sometido a un el análisis del ciclo de vida y las entropías generadas, los efectos ambientales de esta fuente serían significativos.

Unido a lo anterior las comunidades son más críticas y exigentes con los posibles efectos de los proyectos eléctricos en especial con la exclusión social debido a la inequidad del modelo de crecimiento económico, la búsqueda de beneficios, mayor exigencia de prácticas ambientales apropiada e influencia por parte de grupos ambientalistas sobre las comunidades, entre otros.

Algunos grupos ambientalistas se oponen al desarrollo hidroeléctrico. Un reducido grupo de dirigentes de organizaciones no gubernamentales cuentan con el apoyo de organismos o agencias de

cooperación internacionales para oponerse a cualquier desarrollo hidroeléctrico del país. Hay que reconocer que los desaciertos en algunos casos de proyectos eléctricos en diversos países, son argumento que fortalecen estas posiciones[76].

Aunado a lo anterior, se posee un sistema tarifario que no permite transmitir la información correcta sobre el costo económico de la energía eléctrica. Estos aspectos limitan la eficacia del sistema tarifario para orientar el consumo y además es un escollo a los programas de administración de la demanda y uso eficiente de la energía.

Con base en la situación expuesta, en ausencia de acciones tendientes a modificar el panorama expuesto, es de esperar que a mediano plazo (10 a 15 años) el subsector electricidad tenga que utilizar un mayor componente térmico para generar electricidad, lo cual profundizaría el problema del sector energía de Costa Rica en cuanto a la alta dependencia energética externa de derivados del petróleo, uso de divisas y alto grado de contaminación ambiental[77].

De acuerdo con el Consejo de Electrificación Centroamericana (CEAC, 2010), la dependencia del sistema eléctrico a los combustibles fósiles importados aumentó en la década de 1990, cuando la participación de las energías renovables cayó de un 90% a un 60%, mientras que la participación del petróleo subió. De acuerdo con los planes de expansión de este ente regional, el desarrollo futuro estará basado en la hidroelectricidad, gas natural licuado, geotermia, carbón, bunker, así como aportes menores de energía eólica y bagazo. En ese sentido se debe mantener la investigación, desarrollo e incentivar proyectos que aprovechen recursos renovables, disminuyan contaminación al menor costo y entropía posible. Se debe estar atento para que en el momento que estas energías resulten competitivas, se incorporen a la producción eléctrica y den su aporte.

E. El riesgo climático en Centroamérica

Para la *American Capital Rating* (www.ratingspcr.com), las decisiones fiscales, el comportamiento económico y las decisiones de inversión estarán influenciados por el grado de riesgo que los países tengan. Para ello se basan en un informe de riesgo por cambio climático elaborado en Alemania[78].

El informe indica que el cambio climático, pone en riesgo la vida de seres humanos, especialmente los más pobres por sequías, inundaciones y tormentas (CEPAL y otros, 2010). Se pueden identificar cinco mecanismos de transmisión de los efectos nocivos del cambio climático, que ponen en riesgo las posibilidades de avanzar en el desarrollo humano, principalmente en países como los centroamericanos (Jiménez y otros, 2010):

a) menor producción agrícola y mayor inseguridad alimentaria;
b) conflictos por falta de agua;
c) aumento del nivel del mar y mayor exposición a desastres meteorológicos,
d) extinción de ecosistemas y biodiversidad, y
e) aumento de epidemias.

---

[76] Según el criterio de funcionarios de PH Itaipú Brasil, han encontrado grupos ambientalistas de diferentes tipos. Algunos pagados por las empresas petroleras internacionales, otros financiados por las empresas desarrolladoras de fuentes renovables no convencionales, mientras que otros son dirigentes locales con intereses específicos que acceden a recursos económicos internacionales o nacionales. Presentación en el Colegio de Ingenieros de Costa Rica, octubre de 2004.

[77] En esa década, los hidrocarburos crecieron a una tasa promedio anual del 6,1% y en el año 2000 representaban el 72% el consumo total de energía. El consumo de electricidad creció a una tasa promedio anual del 5,2%. En el 2000, la electricidad representó el 20% del consumo total de energía. MINAE, Plan Nacional de Energía 2002-2016.

[78] Véase <www.germanwatch.org/klima/cri2009pdf>.

El Índice de Riesgo Climático publicado por *German Watch*, establece que El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua, se ubican entre los países con mayores costos sociales (muertes) y económicos (pérdida de producción) como resultado del cambio climático, mientras Costa Rica y Panamá se encuentran en mejor posición (www.germanwatch.org/klima/cri2009pdf).

Para hacer frente al cambio climático se requerirá de acciones nacionales y de la cooperación internacional (Stern, 2007). Será necesario, por una parte, reducir los niveles de contaminación, pero también lograr una adaptación mundial a la nueva realidad climática, que se integre a las políticas públicas de desarrollo y eliminación de la pobreza. Naciones Unidas estima que se necesitarán entre 1.700 y 7.650 millones anuales para costear estos programas de mitigación y adaptación, lo que requerirá el cumplimiento de compromisos relacionados con la ayuda al desarrollo y reformas fiscales que aumenten la capacidad de maniobra de los gobiernos en el mundo (<www.icefi.org>).

Uno de los principales problemas que produce la variabilidad climática, es la escasez de alimentos causada entre el 2009 y 2010 por una de las peores sequías en la región centroamericana, en especial en Guatemala, Honduras y Nicaragua, provocada por el fenómeno de El Niño. Este fenómeno se vuelve cada vez más común y severo en esta región, siendo la población rural, entre las economías campesinas de subsistencia, las que tengan los efectos más graves (World Bank, 2009).

Dentro de los potenciales efectos por el cambio climático para el sector energía se menciona: i) la reducción de la capacidad de generación hidroeléctrica, debido a alteraciones en las precipitaciones y a mayor sedimentación de presas y embalses; ii) la ampliación de la demanda de energía eléctrica en horas pico debida al incremento en el uso de sistemas de climatización; iii) el deterioro de torres y cables de transmisión y subestación eléctrica por eventos hidrometeorológicos extremos, y iv) el incremento de precios al consumidor (CEPAL y otros, 2010).

Debido al cambio climático el eléctrico tendrá por una parte mayores demandas de electricidad por los aumentos de temperatura. Por otra parte, por las variaciones que se darán en la cantidad de agua, sol, viento y biomasa disponible para la producción de electricidad.

Un aspecto positivo destacable es que, por una parte, la necesidad de contar con información de la disponibilidad de recurso hídrico, los países que han podido identificar su potencial con mayor precisión, dada su red hidrometeorológica, son igualmente los que podrán efectuar mejores proyecciones de escenarios de cambio climático al integrar los registros que por muchos años han recabado para efectos del desarrollo eléctrico.

Además, hay oportunidades de que las acciones que puedan desarrollarse en el marco de planes de gestión ambiental de los estudios ambientales, planes de acción y de manejo de cuencas, contribuyan a adaptarse, mejorando el ordenamiento y uso de los recursos potencialmente afectados por el cambio climático.

En resumen, las variables climáticas son un elemento a considerar en los procesos de planificación y definición de las políticas públicas, de los procesos de decisión de las inversiones públicas y privadas, por ello, no se debe ver como elemento exógeno, por el contrario, es un elemento sustantivo que debe considerarse en la mayoría de decisiones económicas y de política ambiental en Centroamérica.

F. Acciones estratégicas para el aprovechamiento sostenible del potencial de generación eléctrica

Las restricciones, usos conflictivos y alternativos, derechos ciudadanos, normativa ambiental, así como la existencia de un enfoque de protección absoluta en algunos sectores y organizaciones plantea el reto de demostrar que es posible un uso de los recursos de forma sostenible. Para mantener y mejorar el aporte del subsector eléctrico con fuentes renovables, debe lograrse un acuerdo de grupos sociales con diferentes visiones e intereses; esto requiere del diseño, discusión, validación y ejecución de un conjunto complejo y sistémico de políticas públicas que permitan al subsector electricidad seguir contribuyendo al desarrollo sostenible de nuestros países. Seguidamente se detallan acciones con el fin de facilitar subsanar los problemas y restricciones que enfrenta para el desarrollo eléctrico futuro

1. Estudios ambientales desde las fases tempranas: conocer para tomar decisiones

Los proyectos eléctricos requieren largos períodos de estudios de diferente tipo. Se considera fundamental integrar las investigaciones ambientales desde la identificación de los proyectos con el fin de planificar el aprovechamiento de los recursos en la cuenca, establecer las restricciones ambientales existentes y dar alternativas de diseño que técnicamente minimicen las afectaciones siguiendo medidas para la prevención.

De igual forma en las fases de pre y factibilidad los estudios ambientales deben profundizarse, de tal manera que formen parte del proceso de análisis y decisión del desarrollo del proyecto. Debe incorporar el criterio de las comunidades e interesados lo cual es vital, con el fin de ir creando la viabilidad social de proyecto. Una vez completados los estudios, se determinará la viabilidad ambiental por medio de la identificación y valoración preliminar de los impactos más significativos del proyecto. En esta etapa será conveniente iniciar el proceso de información y participación a las comunidades sobre la posibilidad de desarrollo de la obra y del horizonte temporal. Es requisito desarrollar políticas, estrategias, normas y procedimientos para la relación y participación social con las comunidades e interesados.

En el área ambiental la factibilidad está compuesta por el Estudio de Impacto Ambiental (EsIA), lamentablemente en la región esto no se ha dado se ha visto como un requisito, lo cual debe cambiar. Dichos estudios se crearon como instrumentos de planificación y toma de decisiones. Los estudios junto con los criterios rigurosos de las diferentes disciplinas se validan y enriquecen mediante procesos participativos en las diferentes etapas, en la fase de diagnóstico e identificación y valoración de impactos en especial los equipos interdisciplinarios deben participar a las comunidades, rescatando sus observaciones en el estudio. De forma muy especial el plan de gestión ambiental se prepara con el propósito de minimizar las afectaciones ambientales y obtener los mayores beneficios del proyecto en las comunidades, para ello se presentan y concilian los diferentes criterios, con el fin de contar con un mecanismo efectivo para la prevención, mitigación y compensación ambiental de los proyectos eléctricos en las zonas de influencia.

2. Planificación, enfoque y responsabilidad en la gestión de cuencas

El enfoque de cuenca hidrográfica es el que se emplea para estudiar los procesos de análisis y para identificar y evaluar los proyectos de desarrollo hidroeléctrico. Los planes maestros de desarrollo hidroeléctrico son resultados concretos del esfuerzo de planificación del país en donde se aplica el enfoque de cuenca hidrográfica. Acompañado con estos planes se deben realizar estudios básicos que

permitan establecer caudales de ríos, radiación solar, la velocidad y persistencia del viento, así como la distribución estacional, los cambios ocurridos en los patrones de las lluvias, la calidad del agua, entre otras variables que permiten estimar el aporte energético y ayudan a predecir los posibles escenarios futuros que se pueden tener ante el cambio climático.

De forma responsable las empresas de generación eléctrica pueden contribuir a la ejecución de planes de manejo y de acción para la gestión sostenible de cuencas de su interés. En la planificación e implementación de acciones en las cuencas, las empresas productoras de electricidad deben actuar como un usuario responsable y comprometido. Por eso es que se requiere la participación activa de distintas instituciones, comunidades y organizaciones sociales de diferente naturaleza, de tal forma que se establezca la factibilidad económica, institucional, social y legal de los planes y programas identificados, para su posterior ejecución (Basterrechea y otros, 1996).

Dentro de las acciones en cuencas están: planes de reforestación, desarrollo de fincas integrales, ordenamiento de uso de los recursos en subcuencas y microcuencas, biodigestores, pastores mejorados y tecnologías apropiadas, programas de educación ambiental y pago de servicios ambientales.

3. Participación social y compromiso con las comunidades de las áreas de influencia de los proyectos eléctricos

Se debe estudiar y desarrollar mecanismos, metodologías y la creación de instancias para la participación social, en lo relacionado con el desarrollo de proyectos. Se debe ir incorporando de forma paulatina el criterio de las comunidades de acuerdo con la etapa en que se encuentre el proyecto. Además, promover metodologías participativas con el fin de que puedan tenerse presente en las concepciones del proyecto, diseño y ubicación de obras, así como en su posible operación de la planta, los aspectos socio ambientales indicados por las comunidades en las zonas de influencia de los proyectos.

El compromiso es con la transparencia, el respeto y acercamiento oportuno con las comunidades, de tal forma que se pueda incentivar el desarrollo de las obras. Los proyectos deben ser una fuente de desarrollo local y de la cuenca, que permita minimizar los potenciales efectos que puedan derivarse del cambio climático.

4. Uso de instrumentos económicos para una mejor distribución de beneficios

Es conveniente el uso de instrumentos económicos para la sostenibilidad ambiental y social. Los afectados directos; dueños de tierras, poblaciones indígenas entre otros, requieren de estímulos económicos y beneficios directo, derivados de los proyectos eléctricos. Para tal efecto se deben desarrollar el uso de canon, beneficios compartidos, pago de servicios ambientales o participación minoritaria entre otros instrumentos. El propósito es tener recursos para la ejecución de acciones que permitan financiar planes integrados para la gestión de cuencas y procesos de desarrollo local y regional a partir de la ejecución de proyectos eléctricos.

Lo anterior permite la creación de círculos virtuosos entre la construcción de infraestructura eléctrica y procesos de fomento del desarrollo, ambos a través de esquemas de transferencia de recursos hacia las comunidades directamente afectadas y por medio de los programas de gestión ambiental de los estudios de impacto ambiental, los planes de gestión de cuencas y planes de desarrollo local, empleando diferentes instrumentos económicos y acuerdos institucionales.

Los aspectos indicados tienen especial importancia debido a la necesidad de obtener la viabilidad de los proyectos eléctricos, ya que en el medio rural existe un alto grado de desconfianza y molestia hacia el modelo de crecimiento económico de los últimos 25 años, que ha llevado a una distribución poco equitativa del ingreso y a la pérdida de opciones productivas y de bienestar en diferentes regiones de Centroamérica.

El criterio indicado en el sentido de que las obras son para el beneficio del país ya no resulta tan válido o aceptado por las comunidades, ya que precisamente son las poblaciones ubicadas en las zonas de influencia de los proyectos futuros, los que en menor grado han disfrutado del bienestar resultante del modelo de crecimiento económico asumido en los últimos 25 años. Esta situación plantea la necesidad de un cambio de enfoque, de ahí surge la prioridad de la creación de mecanismos de política pública redistributivos que propicien las condiciones para el desarrollo en regiones o poblaciones afectadas por el desarrollo de proyectos de generación eléctrica.

5. Promover proyectos con embalses multipropósito y multianuales

La necesidad de electricidad durante todo el año con la mayor seguridad y uso de fuentes renovables es posible en una alta proporción si en los próximos años se construyen proyectos con embalses grandes, en especial si se logra construir obras que guarden agua de épocas lluviosas para usarse en los períodos de menor lluvia. Esto es fundamental para el funcionamiento de los sistemas eléctricos, dados los recursos energéticos disponibles y desarrollados hasta ahora. Unido a ello los embalses pueden ser un medio para disminuir los efectos negativos de los fenómenos climáticos que causan daños a la infraestructura e inundación.

Además, el estrés hídrico plantea la necesidad de almacenar agua para usos humanos e irrigación y otros usos, acciones que son medidas urgentes de adaptación al cambio climático, en especial en las regiones en donde las lluvias disminuirán, cambiarán su distribución en el año y aumentarán las temperaturas, esto hace conveniente la promoción de embalses multipropósito y plurianual El complejo Arenal en Costa Rica es un ejemplo de las posibilidades que pueden brindar estas obras (Dourojeanni, 1994).

6. Comunicación e información

Es necesario que los planes de desarrollo nacional en el sector eléctrico sean apoyados por los diferentes entes y organizaciones. Se debe comunicar, informar, explicar los planes y proyectos. Estos deben ser los mejores, en el marco de las posibilidades técnicas, ambientales y económicas. Si esto es así, el convencimiento mediante una asertiva información y comunicación con los actores y las comunidades es vital, para poder aprovechar de forma sostenible los recursos energéticos que tiene la región.

7. Lecciones aprendidas del subsector eléctrico de Costa Rica

Costa Rica es el país de la región con mayor generación con fuentes renovables (95%). Esto es consecuencia de una política nacional de largo plazo y de las características de las instituciones existentes, que no fueron desmanteladas en las décadas de 1980 y 1990.

En ese sentido pareciera necesario hacer algunas reflexiones sobre los resultados obtenidos por los países en su generación eléctrica a partir de algunas enseñanzas del caso de Costa Rica:

a) contar con recursos potenciales para generar electricidad es relevante, pero igual o más importante es tener la capacidad de medir, inventariar y valorar el potencial de las fuentes existentes;

b) mantener capacidad de gestión institucional para tener una apropiada rectoría, planificación, ejecución, seguimiento, regulación y evaluación es vital para sectores estratégicos como el eléctrico y para conocer y predecir escenarios futuros por el cambio climático (Jiménez y otros, 2010);

c) si se establecen mecanismos de mercado, estos deben tener reglas o incentivos que favorezcan las fuentes renovables, pues en caso contrario, tenderán a dominar las fuentes fósiles que tienen energía firme y mejor capacidad de participar en mercados competitivos (Jiménez, 2009);

d) se debe tener procesos de planificación con diferentes horizontes temporales, lo cual implica tener la capacidad de estudiar y tener en cartera proyectos de fuentes renovables para su desarrollo;

e) el régimen de propiedad no es determinante, como si las reglas y una política energética claras y que se cumpla. En general hay complementariedades entre la participación pública y privada para sectores intensivos en capital como el sector eléctrico;

f) es necesario integrar a la definición de áreas protegidas de diverso tipo (reservas forestales, refugios de vida silvestre, parques nacionales, reservas indígenas) la posibilidad de uso de los recursos energéticos nacionales, bajo normas sociales y ambientales especiales, que permitan la protección y el uso sostenible, y

g) en caso de que exista normativa que restrinja para esos usos, como es en Costa Rica, es fundamental lograr acuerdos nacionales balanceados que permitan el aprovechamiento, con la aplicación de beneficios compartidos, pago de servicios ambientales, canon y adhesión de tierras con igual o mejor calidad ambiental como compensación a los espacios potencialmente usados, en la medida en que no causen daños irreversibles a los ecosistemas.

Es necesario construir formas e instancias que permitan un efectivo desarrollo sostenible. El sector eléctrico ha contribuido al desarrollo. En la actualidad se tiene como reto seguir siendo un agente de desarrollo mediante el abastecimiento eléctrico con la mayor proporción posible de fuentes renovables, las siguientes son acciones recomendables en la región:

a) informar a la opinión pública nacional de las opciones energéticas, sus limitaciones, sus costos y beneficios;

b) integrar la variable ambiental en el proceso de evaluación, decisión y diseño de sus proyectos;

c) desarrollar instancias y metodologías de rendición de cuentas, información y participación social y planes de comunicación social efectivos;

d) desarrollar en las zonas de influencia de los proyectos acciones de gestión de cuencas, programas de gestión ambiental y planes de desarrollo local, articulados y en conjunto con las instituciones y organizaciones de las zonas de los proyectos, para mejorar el bienestar socioeconómico, contar con plantas de generación renovables, mejorar el manejo ambiental y adaptarse al cambio climático;

e) continuar investigando y desarrollando programas pilotos con fuentes renovables no convencionales, con el fin de establecer parámetros técnicos, económicos y ambientales que permitan su evaluación y determinación de la viabilidad a mediano plazo;

f) internalizar los costos ambientales en los servicios públicos de electricidad;

g) integrar la problemática del cambio climático como un aspecto que afectará la generación futura, para lo cual se debe considerar este elemento, en la ubicación, diseño de proyectos de generación eléctrica y los planes de manejo en las cuencas como un potencial medio para adaptarse y disminuir los potenciales efectos por este fenómeno;

h) elaborar y aplicar programas de uso eficiente de la energía y administración de la demanda, en ese sentido la región tiene carencias que se deben subsanar, e

i) impulsar el uso de fuentes de energía renovable a pequeña y mediana escala, complementado con el desarrollo de la generación distribuida.

Considerando las variantes propias de cada país, los elementos descritos pueden ser de utilidad para los sectores eléctricos de Centroamérica. Todo lo anterior permitirá mejorar el aporte de las fuentes renovables, mejorar la capacidad de gestión institucional, disminuir los efectos ambientales negativos ocasionados por proyectos eléctricos, lograr hacerlos viables y además disminuir los potenciales efectos ante el fenómeno de cambio climático, si se desarrollan paralelamente a los proyectos de generación eléctrica los planes de gestión ambiental, planes de manejo de cuencas, planes de desarrollo local, son acciones que pueden tener efectos positivos sobre la capacidad de asimilación de los ecosistemas y mejorar la adaptación.

G. Bibliografía

Azqueta, D. y F. Barry (1996), *Economía y medio ambiente*, Santafe de Bogotá, Colombia, MacGraw-Hill.

Basterrechea, M. y otros (1996), *Lineamientos para la preparación de proyectos de manejo de cuencas hidrográficas*, BID-Washington, D.C., abril.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (2009), *Informe de factibilidad Economía del Cambio Climático en Centroamérica (*LC/MEX/L.897) [en línea], febrero. <www.cepal.org/es/publicaciones/25879-informe-factibilidad-economia-cambio-climatico-centroamerica>.

________(2010), «*Centroamérica: Estadísticas del subsector eléctrico, 2009* (LC/MEX/L.976) [en línea], México, D.F.,, noviembre <www.cepal.org/es/publicaciones/25935-centroamerica-estadisticas-subsector-electrico-2009>.

CEPAL-UKAID-CCAD-SICA (2010), «La economía del cambio climático en Centroamérica, Síntesis», noviembre.

CEPAL, SICA (2007), «Estrategia energética sostenible Centroamericana 2020», noviembre.

Common, M. y Stagl S. (2008), «Introducción a la Economía Ecológica», Madrid, España Editorial Reverté S.A.,.

Consejo de Electrificación de América Central (2010), «Plan indicativo de expansión de la generación de la generación, período 2011-2025», diciembre.

COP 15 (2009), Copenhagen accord, advanced unedited version [en línea], <unfccc.int/meetings/copenhagen_dec_2009/meeting/6295.php >.

Costanza y otros (1999), *Introducción a la Economía Ecológica*, primera edición, México, D.F., Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V.

Dourojeanni, A. (1994), «La Gestión del agua y las cuencas en América Latina», *Revista de la CEPAL N° 53*, CEPAL, diciembre.

Georgescu-Roegen N. (1971), *The Entropy Law and the Economic Process*, Cambridge, Mass., Harvard University Press.

Jiménez, R., R. Amit y R. Vindas (2010), «Políticas de cambio climático en Costa Rica: integrando esfuerzos para asumir los retos», Vicerrectoría de Investigación, Universidad Estatal a Distancia (UNED), marzo.

Jiménez, G. R. (2009), «Análisis del proceso de formulación de políticas para la reforma del sector eléctrico y su potencial incidencia en el marco institucional y la producción con fuentes renovables», [Tesis sometida para optar al grado de doctor en Gobierno y políticas públicas], Universidad de Costa Rica, abril.

Pearce, D. y Kerry R. Turner (1995), «Economía de los recursos naturales y el medio ambiente», Madrid, España, Celeste Ediciones.

Pérez, C. R. (2009), «Oferta energética y dependencia energética de Centroamérica», Sistema de la Integración Centroamericana (SICA), marzo.

Stern, N. (2007), «The Economics of Climate Change: The Stern Review», Cambridge, U.K., Cambridge University Press.

The World Bank (2009), «Vulnerability to Climate Change in Agricultural System in Latin America and the Caribbean: Building Response Strategies, Final Report».

Artículo III.3
Energías renovables y desarrollo sostenible

Edith Barrera Pineda*
Instituto de Estudios Internacionales
Universidad del Mar, Campus Huatulco (México)

Resumen

La creciente demanda del hidrocarburo no ha sido equiparada con la oferta. Estamos en una crisis energética sin precedentes y los efectos que deriven de la misma serán catastróficos a menos que empecemos a prepararnos para evitar las consecuencias. Al mismo tiempo, estamos en un punto donde la contaminación por las emisiones de carbono (derivado del petróleo) ha llegado a sus límites siendo la principal causa del calentamiento global y resultante del deterioro ambiental a nivel mundial.

La apuesta por la investigación debe ser nuestro punto medular para encontrar respuestas viables para ambas problemáticas. Por ello, es importante replantear la concientización de la ética ecológica y enfatizar la necesidad por una diversificación de fuentes energéticas siempre que éstas respeten las costumbres de las comunidades rurales y no alteren negativamente el hábitat de dichas zonas.

De ahí deriva la propuesta del proyecto de investigación por una concientización de una ética ecológica y la apuesta de energía limpias a partir del principio de factibilidad, respetando la cultura de cada comunidad rural, para un mejor aprovechamiento de los recursos naturales y un desarrollo sostenible.

Palabras clave: energías limpias, ética ecológica, saberes tradicionales.

Abstract

The rising demand for hydrocarbons has not been met by supply. We are in an unprecedented energy crisis, the effects of which will be catastrophic unless we start to think about finding effective long-term solutions. Moreover, we are at the point where carbon emissions pollution has become the main cause of global warming and ongoing environmental deterioration on a global level.

Commitment to research must be the crux of our attempts to find viable solutions to both problems. This is why it is important to reconsider how we can raise awareness regarding ecological ethics and to emphasize the need to diversify energy sources, while respecting the way of life in rural communities and avoiding negative impacts on the habitat of those areas.

This is the basis for the research project proposal – raising awareness of ecological ethics and a commitment to clean energy wherever possible, and respecting the culture of every rural community to make the most of natural resources and sustainable development.

Key words: clean energy, ecological ethics, and traditional knowledge/wisdom.

* Contacto: Tel.: 958 58 72559/60, 61 ext. 212 ● C.E.: barrera.edith@gmail.com y edithbarrera@huatulco.umar.mx.

A. Introducción

El presente ensayo abordará dos temáticas centrales, la primera hace una revisión desde las perspectivas de los diferentes organismos internacionales tales como; La Naciones Unidas, a través del Informe Brundtland para contrarrestar la definición del desarrollo sostenible en ellas descritas con la crítica del doctor Enrique Leff, la cual es más enriquecedora e innovadora, en el sentido de recobrar la sabiduría de los pueblos ancestrales, particularmente de América Latina.

La segunda parte del ensayo se centra en el tópico de las energías alternativas y la revalorización de las comunidades rurales (indígenas) pero sin deslindarnos de la primera parte del ensayo ya que se tratará de abordar de manera general y ejemplificativa las experiencias de las energías alternativas de los países europeos y la mexicana. Haciendo énfasis en ésta última, y el papel de las empresas internacionales y el Estado mexicano para con las comunidades istmeñas haciendo hincapié en los postulados de Leff y su definición del desarrollo sostenible.

Finalmente, la tercera parte se suscriben las consideraciones finales y los retos que tenemos que enfrentar en el presente siglo.

B. Crítica al desarrollo sostenible y la ética ecológica de Enrique Leff

En 1972, en Estocolmo, Suecia se reunieron los mandatarios de distintas naciones convocadas por las Naciones Unidas (NN.UU.), para abordar por vez primera la temática ambiental y desarrollo[79]. Desde entonces, las discusiones entorno estos temas se han ido generando. Consecuentemente en 1980, se consolidaría el término de sostenibilidad en la propuesta *Estrategia Mundial de Conservación de la Naturaleza*, presentada por las agencias internacionales de las Naciones Unidas, el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)[80], la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN)[81], y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF)[82] (por sus siglas en inglés). Para

---

[79] En él se establecen de manera general:
- El hombre es a la vez obra y artífice del medio que lo rodea, el cual le da el sustento material y le brinda la oportunidad de desarrollarse intelectual, moral, social y espiritualmente.
- La protección y mejoramiento del medio humano es una cuestión fundamental que afecta al bienestar de los pueblos y al desarrollo económico del mundo entero, un deseo urgente de los pueblos de todo el mundo y un deber de todos los gobiernos.
- El hombre debe hacer constantemente recapitulación de su experiencia y continuar descubriendo, inventando, creando y progresando.
- El crecimiento natural de la población plantea continuamente problemas relativos a la preservación del medio, y se deben adoptar normas y medidas apropiadas, según proceda, para hacer frente a esos problemas.
- Hemos llegado a un momento de la historia en que debemos orientar nuestros actos en todo el mundo atendiendo con mayor solicitud a las consecuencias que puedan tener para el medio.
- Para llegar a esa meta será menester que ciudadanos y comunidades, empresas e instituciones, en todos los planos, acepten las responsabilidades que les incumben y que todos ellos participen equitativamente en la labor común.

  Para mayor detalle consulte <www.unep.org/Documents.Multilingual>.

[80] El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), creado en 1965, pertenece al sistema de Naciones Unidas y su función es contribuir a la mejora de la calidad de vida de las naciones. Los puntos donde se concentra su labor son: gobernabilidad, democracia en los países, reducción de la pobreza, prevención y recuperación de la crisis, energía y medio ambiente, gestión de riesgos, tecnologías de la información y comunicaciones, informe sobre el desarrollo humano, Objetivos del Desarrollo del Milenio.

[81] *International Union for Conservation of Nature* (IUCN), establecida en octubre de 1948, en el marco de la conferencia internacional celebrada en Fontainebleau, Francia. Tiene su sede en Gland, Suiza. La UICN reúne a 83 estados, 108 agencias gubernamentales, 766 organizaciones no gubernamentales y 81 organizaciones internacionales, con alrededor de 10.000 expertos y científicos de 181 países.

[82] *World Wild Foundation* (WWF), agencia independiente establecida en 1961, su sede se encuentra en Ginebra, Suiza. cuenta con unos cinco millones de miembros y una red mundial de 27 organizaciones nacionales, cinco asociadas y 22 oficinas de programas, que trabajan en más de 100 países.

1987 en el Informe Brundtland *Nuestro Futuro en Común*[83] definiría el término de desarrollo sostenible como:

> *«Aquél que logra satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de satisfacción de las generaciones futuras»*[84].

Además de las incontables reuniones de los mandatarios de diferentes países para establecer los topes de los gases que han dañado la capa de ozono y los marcos regulatorios dentro del Protocolo de Kioto[85]; se requiere de más y mejores mecanismos internacionales para mitigar el cambio climático.

A la fecha lo único que pareciese ser que sí se ha logrado es contaminar más la tierra, polarizar la desigualdad entre los países desarrollados y los no desarrollados, más aún, las disparidades en la distribución de la riqueza dentro de los países «emergentes» suelen ser abismales[86].

De acuerdo con datos del PNUD, existen 850 millones de personas que sufren hambre y desnutrición; 1.200 millones subsisten con menos de un dólar al día; 2.000 millones no tienen electricidad; 3.000 millones viven con menos de dos dólares al día y carecen de servicios de saneamiento básico; 4.000 millones viven con una renta por habitante anual inferior a los 1.500 dólares[87].

El concepto de desarrollo sostenible queda totalmente viciado ante la incesante preocupación de cómo continuar con el crecimiento económico y el desarrollo de las naciones cuando en la realidad la escasez de los recursos naturales es preocupante e irreversible[88], mientras que la pregunta de cómo asegurar esos mismos recursos a las generaciones futuras queda en el aire[89].

Bajo dicho panorama se suscribe la teoría del desarrollo sostenible. Como se mencionó, el Informe Brundtland hace hincapié en la necesidad de cambiar nuestros parámetros de consumo y

---

[83] Presentado por la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo de NacionesUnidas, encabezada por Primer Ministra de Noruega, Gro Harlem Brundtland.

[84] Ibídem.

[85] Desde 1992 en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), se celebró la *Cumbre de la Tierra* en Río de Janeiro, Brasil, y en 1997 nació el Protocolo de Kioto. Sin embargo, no ha sido el único intento por crear un marco de cooperación internacional para mitigar el cambio climático, en 2007 en la *Hoja de ruta de Bali* se intenta llegar a un acuerdo global sobre el cambio climático con la promesa de hacerlo efectivo en 2009 en la Conferencia de Copenhague. Desgraciadamente, ésta fue un rotundo fracaso. El reto continúa y la próxima celebración será en Cancún, México, a finales de 2010.

[86] México, catalogado como país de economía emergente, es un claro ejemplo de las disparidades entre sus ciudadanos. Según la prestigiosa Revista estadounidense Forbes, en 2010 el magnate mexicano de las telecomunicaciones Carlos Slim Helú, era el hombre más rico del mundo, al encabezar la Lista Forbes 2010 de multimillonarios, con una fortuna aproximada de 53.500 millones de dólares, un incremento de 18.500 millones en los últimos doce meses. Mientras que existen alrededor de 72 y 75 millones de mexicanos en pobreza media a extrema según el politólogo Julio Boltvinik de El Colegio de México. Véase el artículo publicado el 5 de marzo de 2010 en *La Jornada* <www.jornada.unam.mx/2010>.

[87] Consulta PNUD <www.undp.org/spanish/temas/pobreza.shtml>, 20 de agosto de 2010.

[88] La escasez de los recursos no renovables tales como el agua y los hidrocarburos son consideramos los más importantes para la vida y motor de la economía. Sin embargo, de no actuar pronto para subsistir sin o con lo poco que queda, existe la persistente teoría de varios autores que alertan sobre las futuras guerras del presente siglo se darán justamente para obtener dichos recursos. Uno de los mayores exponentes de dicha corriente es: Michael T. Klare. Véase: Guerra por los Recursos, 2003.

[89] Dentro de las Naciones Unidas existe el órgano especializado en temáticas de medio ambiente, conocido como Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el cual busca crear conciencia mundial acerca de los problemas del medio ambiente, a través de investigaciones y síntesis de información regional y mundial relativa al tema. Esta información ha llegado incluso a conducir a negociaciones internacionales conducentes a elaborar varias convenciones sobre el medio ambiente. Dicha temática es considerada en el Informe Brundtland para delinear mecanismos que incluyan programas de conservación ambiental. Véase <www.unep.org> y <www.pnuma.org>.

producción, inclinándose por un consumo responsable y promoviendo un desarrollo integral. Es decir, un proyecto ecológico para la preservación de la biodiversidad y el aprovechamiento sostenible de los ecosistemas. Para lograr el desarrollo sostenible se plantea una conciencia ambiental de cada uno de los componentes de la sociedad, desde los gobiernos locales. Por ello, es un concepto incluyente pues no deja de lado la participación del capital, al cual se suma la concientización ambiental y un entendimiento entre los países para una explotación de los recursos naturales con conocimiento de las limitantes del planeta anteponiendo así una ética ecológica.

El informe nos ubica en nuestro actual contexto y nos presenta un futuro lleno de retos, para los cuales aún existen soluciones, pero siempre y cuando actuemos en nuestro presente de manera coordinada bajo el esquema de cooperación internacional[90]. Igualmente, el informe Brundtland nos pone en alerta máxima sobre las actuales condiciones del desarrollo ilimitado, sin miramientos a la protección ambiental, la voracidad en nuestro consumo[91] y la extrema pobreza de muchos países del orbe y sus efectos en la naturaleza.

De ahí la tesis del informe donde prácticamente nos indica que se encuentra en riesgo la seguridad de la vida en el planeta. Al mismo tiempo nos exhorta a tomar decisiones para lograr una mejora en la calidad de vida y sobre todo asegurar el futuro para las posteriores generaciones. De esta forma, las soluciones que plantea el informe se encuentran en las acciones que se tomen tanto a nivel local como global. Es en este punto donde radica la importancia de las comunidades locales, sobre todo las que se encuentran en una situación de pobreza. Otro planteamiento destacable es abordar la sostenibilidad a partir de la concientización de la fragilidad de nuestro planeta y es justamente en este tema donde retomamos el análisis de Enrique Leff[92]. Al respecto, él nos dice dónde nos ubicamos como sociedad posmoderna y cómo hemos afectado la vida planetaria hacia un exterminio paulatino del mismo. Pero propone un desarrollo sostenible alternativo que va más allá del sustentado por el Informe Brundtland.

Es indispensable, detenernos por un momento y pensar sobre la vida en nuestro planeta. Cuestionarnos hacia dónde nos dirigimos de continuar con las pautas de consumo ilimitado e indiferente a las múltiples problemáticas que nos aquejan. Sin embargo, resulta difícil coordinar las propuestas del informe cuando aún persisten las miradas de aquellos que niegan el calentamiento global, el deterioro en la capa de ozono, y la escasez de los recursos naturales, es decir, continúan con las prácticas erróneas del crecimiento económico e incluso hay quienes han llegado a afirmar que lo que se encuentra en juego no es el calentamiento global sino el crecimiento económico[93].

Los Estados Unidos, India y China son los únicos países que faltan por ratificar el Protocolo de Kioto[94], y curiosamente son los que más contaminan —especialmente China con aproximadamente 6.284 millones de toneladas de dióxido de carbono, seguido por los Estados Unidos, con

---

90 El informe se encuentra disponible en: <www.un-documents.net/wced-ocf.htm>.

91 Un 20% de la población del planeta es responsable del 86% del consumo mundial; un 60% consume el 13,7% y al 20% restante le queda tan sólo un 1,3%.

92 El profesor Leff, desde su posición de compromiso tanto personal, académico, y como funcionario de alto nivel en Naciones Unidas, viene llevando a cabo un trabajo muy importante en el apoyo y fortalecimiento de la educación ambiental, la interdisciplinariedad, así como en la investigación ecológica, esto lo hace privilegiando los espacios en las instituciones universitarias.

93 Entre los mandatarios más reticentes para lograr un marco regulatorio sobre los topes de los gases de efecto invernadero es el presidente de la República Checa, Vaclv Klaus, quien, en la *Conferencia sobre el Cambio Climático de la ONU*, desafió «la actual histeria sobre el calentamiento global» y opinó que es la libertad y la prosperidad del individuo, y no el clima, los que corren peligro. Entiéndase por «prosperidad» a la continuidad del consumo desmesurado y libertad bajo el modelo de mercado neoliberal.

94 Para más información sobre los países que han ratificado actualmente el Protocolo de Kioto, véase <unfccc.int/kyoto_protocol/status_of_ratification/items/2613.php>.

6.007 toneladas, y en cuarto lugar, India con 1.401 toneladas[95]. Desgraciadamente, se sabe que la fórmula actual de crecimiento económico conlleva a la mayor emisión de contaminantes, de tala inmoderada de los bosques, de sobreproducción en las industrias más contaminantes, con lo cual a largo plazo el costo del mantenimiento de ese supuesto crecimiento no es rentable.

Los países se han interesado entonces en los mecanismos para simular sus contaminantes a través de la compraventa de los bonos de carbono, medida que lejos de corregir las actuales emisiones y sobre todo de una disminución de los mismos, estos se han vuelto una forma de especular con el medio ambiente.

Existen varios autores que han analizado e investigado el caso del comercio de los gases de efecto invernadero entre los estudios más destacados tenemos el de la antropóloga Heidi Bachram [96] afirma:

> *«…los contaminadores creen atribuir créditos de emisiones equivalentes al nivel de sus emisiones en 1990 menos las reducciones que prometieron. Estos créditos se miden en unidades de gases de efectos invernadero; una tonelada de $C0_2$ vale un crédito. Los créditos son permisos de contaminación en los límites establecidos por el compromiso de reducción media del 5,2% acordado en Kioto. Los países asignan sus cuotas de créditos en una escala internacional, de forma tal que las industrias menos contaminantes reciben los mayores subsidios de créditos. Con este sistema, la contaminación se transforma en remuneración» (2010, pág. 146).*

Podemos deducir que la colocación de créditos o la compra y venta de los bonos de carbono en realidad es otra manera de permitir legalmente la emisión de dicho contaminante de tal forma que los países industrializados continúan con dichas prácticas a reserva de comprar los bonos de carbono en los mercados de futuro.

Otro factor importante y aunado a las problemáticas internacionales es la actual dinámica internacional entre los países industrializados y los subdesarrollados, el autor, Priyadarshi R. Shukla[97] analiza los tres principales obstáculos a la creación de un régimen de armonización y cooperación entre los países bajo el esquema Norte-Sur, dicho esquema lo determinan de la siguiente manera:

> *«Tres factores influyen en la actitud de los países en vías de desarrollo ante el cambio climático: la asimetría entre las causas (emisión) y los efectos (impacto), entre las capacidades y las responsabilidades de las naciones; la preocupación de estos países en cuanto a su desarrollo económico en las próximas décadas y finalmente, su débil poder en el seno de las negociaciones internacionales» (2010, pág. 122).*

Con esto, el autor delinea la relación existente entre los intereses de aquellos países que actualmente se encuentran en pleno crecimiento económico, denominados también como economías emergentes, las más destacadas: China, India, y el Brasil. Dichos países que se mantienen firmes en sus actuales políticas de crecimiento económico, pero no niegan la necesidad de llegar a un acuerdo internacional donde todos los países se vean «obligados» a respetar verdaderamente los mecanismos internacionales para el cuidado del medio ambiente. Al mismo tiempo, son las principales voces de las reformas en las tomas de decisiones en las organizaciones internacionales como el Consejo de Seguridad de Naciones Unidas, el Fondo Monetario Internacional (aunque éste último ha hecho una

---

95 Véase: BBC <www.bbc.co.uk>, 22 de diciembre de 2009.

96 Autora y realizadora de varios documentales, actualmente es investigadora del *Transnational Institute Carbon Trade Watch*.

97 Profesor, presidente del *Indian Institute of Managemen*t, Ahmedabad, India.

serie de reformas, pero no las suficientes para representar a todos sus miembros equitativamente) y el Banco Mundial (Sanahuja, 2005)[98].

Al no tener una representación equitativa dentro de los organismos internacionales y no compartir las responsabilidades mundiales y compromisos con el medio ambiente, las naciones simplemente no llegarán a un acuerdo internacional donde el reparto de los costos de la contaminación sea ecuánime o un escenario óptimo, donde los más desarrollados verdaderamente trabajen bajo el esquema de cooperación internacional.

A pesar de los pesimismos dentro del actual régimen internacional y después de lo anteriormente expuesto, aún nos queda la posibilidad de rescatar al medio ambiente de una catástrofe. La verdadera cooperación se encuentra no en el modelo tradicional del *top-bottom* sino en el *bottom-top* (Jauhiainen, 1999)[99], donde justamente a través de las redes sociales es que se puede llegar a construir una verdadera articulación entre los ciudadanos del planeta para llegar a soluciones reales las cuales suelen tener un mejor y mayor impacto en las comunidades locales.

Al respecto, el investigador Enrique Leff, propone un diálogo entre la sociedad y el desarrollo sostenible, es decir, enfatiza el rescate de los diálogos de *saberes tradicionales* y la nueva racionalidad ambiental en la construcción social de la sostenibilidad. En palabras del autor:

> *«El diálogo de saberes, más allá de su relación con todo proyecto intercultural, es una propuesta fundada en la una ética de la otredad (Lévinas) y en una política de la diferencia (Derrida)» (2008, pág. 29).*

En esa construcción de diálogo entre los saberes tradicionales, se incluye la racionalidad sostenible, donde el compromiso por una ética ambiental sea compartido y construido desde la inclusión de los pueblos, sin imponer la homogenización de una construcción sostenible. En ese sentido, las propuestas de Leff, apuestan por una reconstrucción socioambiental, y un cambio conceptual de la racionalidad del capital por una racionalidad ecológica, pero entendida desde una reconstrucción civilizatoria. Es aquí donde el autor profundiza en la significación de desarrollo sostenible. Enrique Leff enfatiza la armonización entre los saberes tradicionales y las nuevas tecnologías, para él, ambas coadyuvarían a la mejora del medio ambiente, es decir, en ningún momento el autor, desprecia el valor de los avances tecnológicos de nuestro siglo, siempre y cuando exista una correspondencia entre ambos saberes.

La crítica al desarrollo sostenible conocido o mejor dicho desvirtuado hasta hoy, destruye justamente esos saberes tradicionales, e impone prácticas de exclusión, «unifica» el porvenir con base en sus propios intereses, a través de la globalización. Es quizá en dicho punto donde el desarrollo sostenible concebido por los organismos internacionales (ej.: PNUD), no logra profundizar en el

---

98 El investigador del Centro de Investigación para la Paz (CIP-FUHEM), José Antonio Sanahuja, hace un análisis de los obstáculos para reformar las estructuras de poder dentro de los organismos internacionales, asimismo, Sanahuja, señala la necesidad de dicha reforma a partir de la nueva dinámica en el contexto internacional por los países de economías emergentes. Sin embargo, el autor enfatiza la fuerte relación de poder existente entre los EE.UU. y sus tradicionales aliados (Europa occidental) para bloquear cualquier intento de cambio en el *status quo*, lo cual, según el autor, no ha sido benéfico para el nuevo contexto internacional y que tarde o temprano se tendrá que hacer las reformas pertinentes y abrir los espacios a las nuevas economías como China, India y Brasil.

99 Uno de dichos ejemplos lo tenemos en la región del Báltico. Después de la re-independencia de los países que conformaban la esfera soviética europea, comenzaron a enfatizar los lazos económicos, culturales, políticos, ambientales, entre otros, con los países escandinavos, al grado de conformar un organismo subregional denominado El Consejo de los Estados del Mar Báltico (CBSS por sus siglas en inglés). Dicho organismo nació en 1992 y su sede se encuentra en Estocolmo, Suecia. En la actualidad son las redes sociales las que le dan vida al organismo; uno de los principales temas ha sido el cuidado del Mar Báltico.

pensamiento de una articulación entre la sociedad y la conciencia ética-ecológica. Asimismo, el autor reconoce que existe una resistencia por parte de los grupos étnicos[100] conscientes de sus desventajas ante la abrumadora perspectiva de la voracidad globalizadora, tratan de rescatar, y preservar su identidad a través de sus usos y costumbres y sobre todo la reconstrucción de su hábitat. Dichos pueblos se encuentran en riesgos eminentes pues son los primeros en sufrir los estragos de la contaminación, en ser despojados de sus tierras para explotarlas, y en ser excluidos de las políticas públicas para favorecer al capital.

Los postulados de Enrique Leff, en cuanto al pensamiento del desarrollo sostenible, son más enriquecedores y conciliatorios, pues está basado en la reconstrucción por un diálogo que va más allá, de un simple reconocimiento de la diversidad cultural, propone un discurso entre la cultura y la naturaleza, y nos acerca al verdadero reto, lejos del pensamiento de la economización de la naturaleza (como lo propone el Informe Brundtland) el reto se encuentra en buscar otra economía. Leff, revalora en ese sentido las sociedades tradicionales las cuales le dan un resignificado a la naturaleza, rompe el esquema del sentido naturaleza-materia inerte, valorada únicamente cuando existe una ganancia en términos materialistas. He aquí la gran diferencia ante el pensamiento económico, el replantear el valor de la naturaleza a través del saber de las sociedades tradicionales, donde existe una relación intrínseca naturaleza-sociedad.

No obstante, porque existe una fuerte organización hacia dentro de dichas comunidades, algunas han podido sobrevivir e incluso adaptar los usos de las nuevas tecnologías como atenuantes a los impactos ambientales. Algunos ejemplos de ello los tenemos en el continente africano donde se ha implementado el uso de las estufas solares[101]. Igualmente, existe el referente de la utilización de energías renovables para mitigar el cambio climático, aunque se encuentra lejos de revolucionar la estructura del mercado energético, ya comienza a desarrollarse e implementarse en distintas partes del mundo[102].

C. Energías renovables: revalorizando a las comunidades rurales

El uso de las energías renovables conllevan la connotación de ser amigables con el medio ambiente, el optar por energías «limpias» se ve como la panacea a los problemas que se presentan en nuestro siglo; por una parte, coadyuvan a mitigar el cambio climático, y por otro, a diversificar nuestras fuentes energéticas sobre todo a partir de la escasez del hidrocarburo[103], además de plantear una salida a la

---

100 Para ilustrar lo anterior tenemos casos como el levantamiento de los indígenas en 1994 en el suroeste de México, en el Estado de Chiapas, auto nombrado Ejercito Zapatista de Liberación Nacional (EZLN). También existen grupos indígenas que reafirmar su identidad y defienden su territorialidad basado principalmente en sus usos y costumbres sin llegar a expresiones de violencia. El ejemplo lo tenemos con la región mixe en el noreste del Estado de Oaxaca, México. Para mayor información al respecto consulte: «El tequio: participación comunitaria como factor de desarrollo en las comunidades indígenas de la subregión Alta Mixe del estado de Oaxaca», investigación realizada por las profesoras de la Universidad del Mar, campus Huatulco, Maestra Noemí Santiago López y la Maestra Verónica B. Barajas Gómez.

101 La impresionante instalación de la Plataforma solar de Almería acogió en 1994 el Segundo Ensayo Internacional de Cocinas Solares auspiciado por el Comité Europeo para la Investigación sobre la Cocción Solar (CERCS) y financiado por el Ministerio de Investigación y Tecnología de Alemania. Fue realizado por el Centro de Investigación de Bade-Wütemberg para la energía solar e hidrógeno y coordinado por el Instituto Synopsis.

102 Por ejemplo, la Unión Europea, a través de su política energética común ha venido impulsando la investigación, desarrollo, e implementación del uso de energías renovables y con ello crear la tercera revolución industrial. Véase <ec.europa.eu/energy/strategies/index_en.htm>, consulta el 20 de agosto 2010.

103 La demanda energética a nivel mundial entre 2004 y para 2030 se estima que crezca en 1,6% anual dentro de los países de la OCDE, mientras que los países de *economías emergentes* demandarán el 70%, China captará el 30%. Se estima que la demanda presionará en 2030 por un aumento del 55% de la producción actual. En el caso de la India, se ubica en el quinto lugar como país importador de petróleo; mientras que su economía creció en un 9,1% en 2006, y se estima que para el presente año sea entre un 8,1 y 7,5%. Véase <www.nytimes.com/2007/11/07/business>, en *New York Times*, "Warning on

posibilidad de un mundo basado en guerras por obtener los recursos naturales y de esta manera «asegurar» el crecimiento económico[104].

Existen diferentes tipos de energías alternativas entre ellas la energía nuclear. Sin embargo, ninguna de dichas energías ha sustituido a los hidrocarburos a un 100% por lo menos no en el mediano plazo. Aun así, algunos países se encuentran desarrollando alternativas energéticas como: biomasa, hidroenergía, termo energía, energía solar, eólica, marítima, entre otras[105]. Todas de alguna manera son costosas, aunque, poco a poco hemos observados que sus costes han disminuido especialmente a partir de la incipiente competencia por el desarrollo de dichas energías en China. Otra opción es el regreso de la energía nuclear. No obstante, sus costos son muy altos y la construcción de los reactores nucleares suele tardar entre 5 a 10 años, además las consecuencias para el medio ambiente en caso de un desperfecto y la cuestión de los desechos nucleares siguen siendo razones para no optar por ésta. Aún con todo lo anterior, países como: Francia, y algunos países escandinavos como Finlandia han optado por la energía nuclear, creando reactores más sofisticados como los llamados *cuarta generación*, pero como ya se mencionó, los altos costos de dichos proyectos pueden llegar a los tres millones de euros[106]. En cambio, en el caso de las energías alternativas países como Dinamarca, los Países Bajos, el Reino Unido, Alemania y España han optado por la energía eólica para combatir el calentamiento global y diversificar sus fuentes energéticas.

Otro factor importante, es el tiempo de construcción y generación de empleos, justamente es el caso de las energías alternativas, mercado incipiente también para América Latina, en México contamos con la experiencia de las eólicas de la Venta localizada en el suroeste del país en el estado de Oaxaca.

El Parque Eólico de la Venta, ubicado en el Istmo de Tehuantepec, ha sido uno de los proyectos más ambiciosos y visionarios del Estado de Oaxaca. Fue a través del Estudio del Atlas de Recursos Eólicos del Estado de Oaxaca[107], realizado por el Laboratorio Nacional de Energías Renovables de los Estados Unidos en cooperación con otras instituciones de investigación, y financiado por DOE y USAID las encargadas de la investigación para medir la rentabilidad, posibilidad y viabilidad de la creación de un Parque Eólico. En dicho reporte se señaló las características geográficas del Estado de Oaxaca, además de incluir el estudio de la potencialidad de la instalación de las eólicas. Fue

---

Impact of China and India oil demand" ». También <www.emergingeconomiesreport.com>, y *World Energy Council* <www.worldenergycouncil.org>, sobre prospectivas energéticas para 2030.

104 Existen varios autores quienes se han dedicado a describir los posibles conflictos para el presente siglo, por la escasez por los recursos naturales, en especial por el agua, y los energéticos, siendo ambos estratégicos para el crecimiento de los países llamados «economías emergentes» y para el continuo desarrollo de los industrializados. Entre estos autores se encuentra Michael T. Klare, quien asume una postura no muy alentadora para este siglo donde los países se guían más por la llamada *Realpolitik*, en vez de una cooperación.

105 Por ejemplo, en el caso de la energía eólica cada vez le otorgan más importancia a la de baja potencia (menos de 100 kW). En Alemania, incluso se ha creado una asociación específica para este tipo de energía, la Asociación Alemana de Pequeños Aerogeneradores. Otra apuesta ha sido la de Gran Bretaña el cual es el centro de los aerogeneradores domésticos. No es sólo porque dispone del mayor potencial de generación eólica en toda Europa, según fuentes del sino porque en este país se han instalado más de 20 MW (10.000 aerogeneradores) desde 2005, sector en Gran Bretaña. Asimismo, sus productos se exportan a 100 países, lo que representa una proporción de exportación del 50%. La razón por la que estos mercados se están desarrollando se debe en parte a las condiciones financieras favorables para los compradores, que reciben varios tipos de incentivos por parte de sus respectivos gobiernos.

106 El coste inicial de la central nuclear en Finlandia en 2005 y programada para 2012, la cual ha ido en aumento hasta llegar a los 5.000 millones de euros.

107 Atlas de Recursos Eólicos del Estado de Oaxaca. Véase <pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNADE742.pdf>.

precisamente dicho reporte el que dio nacimiento a la construcción de la Venta I como proyecto piloto[108].

Para lograr un segundo proyecto denominado la Venta II el Estado mexicano lanzó la licitación para darle la apertura e impulso necesario y construir el parque eólico. La licitación la ganaron dos empresas extranjeras, una danesa y la otra española (ambas cuentan con un respaldo de 30 años en construcción de centrales Eolo-eléctricas). El proceso fue rápido la licitación fue lanzada en agosto de 2004, y para el 2006 ya comenzaba a construirse y finalmente fue inaugurada el 29 de marzo de 2007.

La región del Istmo al contar con dos proyectos —La Venta I y La Venta II— decidió construir un tercero; La Venta III. La licitación una vez más se la llevó una empresa extranjera, esta vez, Iberdrola. Su construcción arrancó en 2009. Esta instalación utilizará 121 aerogeneradores del modelo G52 de Gamesa Eólica, de 850 kW de potencia y 44 metros de altura. Su producción dará suministro a cerca de 200.000 personas y evitará la emisión de unas 150.000 toneladas de CO_2 al año. Existe una sexta etapa de los parques eólicos, ésta va de 2006 a 2015, con ella se espera generar 1.300 MW, con un total de 900 proveedores, con un volumen anual de negocios de alrededor de 774 millones de dólares anuales, inversión en infraestructura de centrales de 2.200 millones de dólares, y la creación de puestos de trabajos directos e indirectos de unas 6.000 personas[109].

La región cuenta con un total de 120.852 hectáreas en su gran mayoría planas lo que facilita la instalación, y el 60% de la tenencia es social lo que aumenta el cabildeo y es donde muchos de los lugareños resultan inconformes por los pagos de arrendamiento. Desgraciadamente hasta el día de hoy el precio de la generación es de 4C de dólar lo cual resulta no muy barato, empero se espera que los precios disminuyan de acuerdo con el incremento en la inversión y abaratamiento de instalación y construcción de los aerogeneradores.

Indudablemente la generación de energías limpias es una parte esencial para responder a uno de los desafíos que se presentan en nuestro siglo. Sin embargo, no hay que olvidar que la tecnología deberá ser respetuosa con los usos y costumbres ancestrales de los pueblos indígenas sobre todo aquellas que se encuentren asentadas en regiones que por sus características geológicas, y geográficas sean una mina de explotación en este tipo de tecnologías, con ello me refiero especialmente a optar por el diálogo con estos pueblos y construir una ciudadanía basada en la pluralidad y respeto por las culturas autóctonas siendo éstas las más afectadas.

La región del Istmo es uno de los pocos pueblos de México que aún conservan su idioma y su sociedad se rige por sus usos y costumbres, fue el experimento para combinar tecnologías limpias de alto impacto y mostrarse respetuosos con los pueblos istmeños. Al principio la comunidad se mostraba renuente a la instalación de las eólicas en sus tierras la mayoría dedicadas al pastoreo o bien a la agricultura, aunque está última de muy bajo rendimiento por las condiciones climáticas del lugar, aún con todo, los lugareños no aceptaban la construcción en sus tierras de los parques eólicos. Sin embargo, no fue hasta que se iniciaron campañas de difusión y enseñanza y de cuáles son los beneficios de las eólicas no sólo en el aspecto económico sino ambiental, fue hasta entonces, que los comuneros comenzaron a cambiar de opinión permitiendo así la construcción de los parques, pero

---

108 Véase Saldaña Flores Ricardo (2005), «Estudios de los potenciales bioenergéticas, eólico mini hidráulico y solar en México», Instituto de Investigaciones Eléctricas, México, pág. 7; y Borjas Díaz Marco Antonio, «Primer Documento del Proyecto Eolo eléctrico del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec», México, 2005.

109 El proyecto eólico arrancó bajo la administración de Lic. Murat entonces gobernador del Estado de Oaxaca (PRI), continuo con Ulises Ruiz (PRI) y se espera que la sexta etapa finalice con el actual gobernador Gabino Cué (partidos de coalición PRD, PT, PAN).

siempre y cuando también existiera el incentivo económico, esto es, una paga por el arrendamiento de sus tierras.

Hoy en día se continúa trabajando con la comunidad istmeña ya que se han organizado distintos grupos sociales que se han manifestado en contra de la continuidad en la construcción de más parques eólicos, algunas de las demandas corresponden al impacto que llegan a tener las eólicas en las aves de paso y otras por cuestiones monetarias donde no están de acuerdo con la paga por arrendamiento de sus tierras, empero, aquí cabría quizá el aprendizaje de la experiencia en el Istmo. La concientización por una ética ecológica es más rentable que una renta por las tierras, es decir, la construcción de un pensamiento a favor del medio ambiente donde se utilicen los mismos aspectos culturales de la zona, construyendo un diálogo con los saberes tradicionales y las nuevas tecnologías ambas, entendidas desde la misma preocupación del cuidado ambiental.

Otro aprendizaje, es cuando las autoridades no toman en consideración la opinión de las comunidades, obligándoles a adoptar políticas que desde un principio son rechazadas, es decir, también hemos comprobado que no respetar las decisiones de los pueblos conlleva a levantamientos sociales con consecuencias catastróficas[110].

En el punto anterior podemos hacer referencia del Derecho a la Libre Determinación de los Pueblos Indígenas[111], Ley que permite que sean las comunidades las que decidan y planifiquen su propio futuro. Asimismo, existe el Convenio 169 donde los gobiernos son obligados a consultar a los pueblos indígenas cada vez que existan normativas que de una u otra manera les afecte. Ambas legislaciones se encuentran en el orden internacional a través de Naciones Unidas y la Organización Internacional del Trabajo (OIT), además de estar constituidas en la Ley mexicana. Por tanto, cada toma de decisión que repercute directamente a los pueblos indígenas tendrá que llevarse a cabo una consulta para lograr una coordinación y consenso entre las partes involucradas (Estado Federal-Comunidades indígenas).

Desgraciadamente, pese a contar con dichas leyes, éstas no son respetadas por los gobiernos y tampoco son llevadas a cabo las consultas a los pueblos indígenas[112]. De esta manera queda entre dicho la propia Ley y su implementación.

La propuesta a considerar es lograr un diálogo común donde la principal razón de cooperación sea el medio ambiente, consideración que es prioridad de los Estados-Nación no sólo para asegurar los energéticos sino para mitigar el cambio climático, y a su vez los pueblos indígenas por ser los más afectados y vulnerables del deterioro ambiental al depender directamente de éste.

Por ello, es importante no sólo reforzar las Ley de Consulta y de Determinación sino también construir un saber ambiental, es decir, compartir obligaciones que nos lleven al cuidado del hábitat.

En este orden de ideas; nos parece relevante comprender las necesidades de las comunidades rurales en términos de energía, pues sabemos que algunas de éstas carecen de los mínimos servicios de electricidad. Dada a la falta de dicho servicio, muchas de las comunidades utilizan el carbón y la madera como recurso energético lo cual ha llevado a la tala de sus bosques, o bien padecen de enfermedades respiratorias.

---

110 Recordemos el levantamiento indígena en el Estado de Chiapas en 1994.

111 México ratificó el Convenio N° 169 en 1990, donde los pueblos indígenas deberán ser consultados cada vez que se prevean medidas legislativas o administrativas susceptibles de afectarles directamente.

112 Para un mayor información consultar; Parastoo Anita, «Los desafíos principales que enfrenta México en el cumplimiento de las disposiciones de la declaración de las Naciones Unidas sobre los derechos de los pueblos indígenas», en Documento de Trabajo, Sociología del Derecho, 2008. UNAM.

Sin embargo, también comprendemos que el abastecimiento energético puede ser solucionado a través de una concientización del medio ambiente y del uso y potencialidad de energías renovables, creemos que se puede tener un mejor aprovechamiento del entorno sin llegar a violentar su hábitat, al tiempo que también se apliquen los saberes tradicionales de los nativos y recuperar de esta manera la memoria histórica de estos pueblos.

D. Consideraciones finales

Sí hemos de reconstruir un mundo donde finalmente nos basemos en un nuevo mercado energético más amigable con el medio ambiente, estos deberán ir acordes con las necesidades de los pueblos indígenas sin imponer intereses ajenos a las comunidades que no respondan ni representen sus demandas. Igualmente, es imperante recuperar nuestra naturaleza pues de otra manera estaremos heredando un mundo muerto a las futuras generaciones.

Primeramente, se deberán tratar temáticas a fines entre las partes, es decir, la construcción de un solo diálogo, el cual deberá estar basado en una renovación de la concientización de la ética ecológica y posteriormente ir de la mano con la educación ambiental, pero motivando la participación ciudadana en pro del respeto cultural y ambiental.

El coordinar las políticas públicas ambientales e impulsar la investigación para la producción de energías limpias y su implementación, también va de la mano con el respeto a la Ley de Consulta y Libre Determinación de los Pueblos Indígenas. Ambas políticas deberán de complementarse a fin de garantizar el bienestar común.

Asimismo, recordemos que la situación actual del cambio climático y la escasez de los recursos naturales es un problema mundial, la cual, hace necesaria la cooperación multilateral. Es importante contar con políticas nacionales e internacionales que incentiven el desarrollo de tecnologías amigables con el medio ambiente. Las políticas internas deberán de motivar y apoyar las iniciativas de empresas innovadoras en tecnologías de energías alternativas, además de contar con la transferencia tecnológica por parte de aquellos países que se encuentren a la cabeza de dichas tecnologías. Puesto en las palabras del autor Anthony Giddens:

> *«Todos los gobiernos deben enfrentarse a dilemas para reconciliar el cambio climático y la política energética con el mantenimiento del respaldo popular (…)» (Giddens, 2009, pág. 264).*

Combatir la pobreza es uno de los retos de nuestro siglo, pero el saber cómo insertar a las comunidades más pobres en la dinámica económica con responsabilidad, implica reconocer sus demandas y revalorizar sus *saberes tradicionales*.

En este sentido, el desarrollo sostenible, definido por Enrique Leff, deberá ser atendido de manera que converjan las nuevas tecnologías para combatir el cambio climático, y los saberes tradicionales para recuperar la diversidad cultural y la dignidad de los pueblos indígenas, incluyéndolos en esta nueva dinámica mundial hacia un verdadero desarrollo sostenible.

E. Bibliografía

Bachram, Heidi (2010), *Fraude y Colonialismo: el nuevo comercio de los gases con efecto invernadero*. En Ypersele, Born R. y André Pereira, «El clima, cambios, peligros, y perspectivas» Madrid, Editorial Popular, pp. 143-169.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) (2008), Volumen III, México.

Giddens, Anthony (2009), *La política del cambio climático*, Madrid: Alianza.

Jussi, S., Jauhiainen (1999), *A Geopolitical View of the Baltic Region*, en Haukkala Hiski. (Ed.), «Dynamic aspects of Northern Dimension», Jean Monnet Unit, Turku: University of Turku.

Klare, T. Michael (2003), *La guerra por los recursos*, México: Urano.

Laurent, Eric. (2007), *La cara oculta del petróleo*, Francia: ArcoPress.

Leff, Enrique (2008), *Discursos Sostenibles*, México: Siglo XXI Editores.

_______ (2006), *Aventuras de la epistemología ambiental*, México, Siglo XXI Editores.

_______ (2004), *Racionalidad Ambiental, la reproducción social de la naturaleza*, México, Siglo XXI Editores.

_______ (2000), *Los problemas del conocimiento y la perspectiva ambiental del desarrollo* (coord.), México, Siglo XXI Editores.

_______ (1998), *Saber ambiental: sostenibilidad, racionalidad, complejidad, poder*, México, Siglo XXI Editores.

_______ (1994), *Ecología y Capital, racionalidad ambiental, democracia participativa y desarrollo sostenible*, México, Siglo XXI Editores.

OIT (Organización Internacional del Trabajo) 1990, *Convenio N° 169 sobre Pueblos Indígenas y Tribales*. México, D.F.

Parastoo, Anita (2008), «Los desafíos principales que enfrenta México en el cumplimiento de las disposiciones de la declaración de las Naciones Unidas sobre los derechos de los pueblos indígenas», en Instituto de Investigaciones Jurídicas, *Documento de Trabajo, N° 112*, UNAM.

Roberts, Paul (2004), *El fin del petróleo*, Barcelona, España: Grupo Zeta.

Sanahuja, A. José (2005), *Setenta años sin democracia: hegemonía y poder en las instituciones de Bretton Woods,* en Anuario Centro de Investigación para la Paz (CIP), Cartografías del poder Hegemonía y respuestas, Madrid: Icaria, págs. 99-123.

Shukla, R. Priyadarshi (2010), *Clima y desarrollo, una articulación conveniente*, en Ypersele, Born R., Pereira, André (y otros), «El clima, cambios, peligros, y perspectivas», Madrid: Editorial Popular, págs.121-130.

Electrografía

Al Jaazera [en línea], <english.aljazeera.net/news>.

BBC [en línea] <http://www.bbc.co.uk>.

Eschenhagen, María Luisa, *Aproximaciones al pensamiento ambiental de Enrique Leff: un desafío y una aventura que enriquece el sentido de la vida*. En ISEE «Publicación ocasional N° 4, 2008», Sección Filosofía Ambiental Sudamericana [en línea], <www.cep.unt.edu/iseepapers/eschenhagen-span.pdf> [fecha de consulta: 27 de agosto de 2010].

La Jornada [en línea], <http://www.jornada.unam.mx>.

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) [en línea]<www.undp.org/spanish/temas/pobreza.shtml>.

PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), Biblioteca Virtual [en línea] <atencionprimaria.wordpress.com/2008/02/19/pnuma-biblioteca-virtual/>.

Unión Europea [en línea], <ec.europa.eu/energy/strategies/index_en.htm>.

Artículo III.4
Propuesta de estudio de factibilidad de inversión de central maremotérmica con incremento de la diferencia de temperatura

Román Roberto Duarte Martell *
Instituto Nacional de Investigaciones Económicas (La Habana, Cuba)

En este ensayo se aborda algunos aspectos relacionados con la utilización de la energía maremotérmica (c) (d), del que existe abundante información, dada la certeza del agotamiento de las fuentes no renovables de energía. En este trabajo se pretende hacer una propuesta de estudio de factibilidad, realizando una especie de Collage de algunos resultados existentes en esta problemática, haciendo uso también de un poco de auto Brainstorming (e) y como tal, en lo posible, se aplazarán los juicios, no se hará crítica, y la valoración cualitativa y cuantitativa correspondería a la etapa del estudio de factibilidad como tal, y que no se aborda en este contexto.

Es interesante resaltar que la primera referencia conocida sobre la utilización de la energía maremotérmica para su conversión en otra forma de energía utilizable por el hombre, se debe a Julio Verne, escritor de ciencia ficción, quien en su libro «Veinte mil leguas de viaje submarino», publicada en 1870, hace referir al capitán Nemo la posibilidad de convertir esta energía almacenada en los océanos, en forma de calor, en otra energía útil para el hombre.

La utilización de la diferencia de temperatura entre la superficie del mar y la de la profundidad, es una posibilidad de la cual se tienen experiencias, en especial, fue en Cuba donde primero se realizó la prueba *in situ* para la obtención de energía eléctrica a partir de este principio. Este se realizó en la costa norte de Matanzas en 1930 por el científico Georges Claude (a) (b). Esta tentativa se malogró, después de obtener electricidad por este medio, producto de un huracán, si bien dio pautas para la consideración de la factibilidad de utilización de esta tecnología, en adelante, OTEC, por sus siglas en inglés (*Ocean Thermal Energy Conversión*).

Producto de la crisis del petróleo y la perspectiva de su agotamiento en un futuro, hoy en día ha hecho que se consideren varias alternativas para la obtención de energía eléctrica por otros medios, lo que ha incentivado, entre otros, los proyectos de aprovechamiento de la diferencia de temperatura del agua del mar en superficie y la ubicada a gran profundidad. Esta diferencia, denominada gradiente termoceánico, no rebasa los 30°C en la superficie y a gran profundidad se encuentra en un margen de 0°C a 7°C (f).

El mar ocupa actualmente dos tercios de la superficie de la Tierra por lo que gran parte de la radiación solar incidente en el planeta se lleva a cabo en el mar. El mar es un enorme colector de energía proveniente del calentamiento de las aguas superficiales, fundamentalmente en el trópico, por la acción de la radiación solar, en estas latitudes llegan a alcanzar los 28°C que, aunque es relativamente baja se compensa por la enorme superficie y volumen implicado. Para el aprovechamiento de esta enorme cantidad de energía acumulada, se requiere que el gradiente térmico entre las temperaturas de la superficie y a gran profundidad sea de no menos de 20°C. Esta condición solo se manifiesta en las regiones subtropicales y ecuatoriales. La energía solar absorbida por los océanos en un año es de acuerdo con estimaciones (f), de no menos de 4.000 veces la energía que actualmente consume la humanidad, por lo que con sólo obtener el 1% de dicha energía por un

* Contacto: Tel.: 209-1294 y 203-6573 ● C.E. duarte@inie.cu.

sistema maremotérmico con un rendimiento del 3% se podrían satisfacer todas las necesidades energéticas actuales de la humanidad.

Se plantea que para obtener un mejor aprovechamiento de la energía maremotérmica se debe al menos contar con dos condiciones: i) debe lograrse la mayor diferencia de temperatura entre el agua de la superficie y la del fondo del mar, y ii) esa diferencia debe mantenerse constante para que el suministro energético sea estacionario. De acuerdo con estudios realizados, ambas condiciones se dan en no más de diez zonas en el planeta, ubicadas en zonas tropicales y donde existan profundidades mayores a los 500 metros.

Los fundamentos para el aprovechamiento de la energía calorífica de los océanos fueron establecidos en el siglo XVII por el ingeniero y físico francés Nicolás Léonard Sadi Carnot, al establecer el calor como un tipo de energía que se podía transformar de forma eficiente en otros tipos de energía con el uso de máquinas térmicas y estableció el cálculo de la máxima eficiencia del ciclo termodinámico que relaciona el consumo de calor con la producción de trabajo.

Siguiendo los principios de Carnot nos interesa conocer cuál es el rendimiento termodinámico de una máquina térmica que funcione de acuerdo con el ciclo reversible de Carnot para la conversión de la energía calorífica de los océanos, en lo que sigue en comillas tomado de (f).

«El rendimiento termodinámico de una central maremotérmica es bastante bajo, si se compara con el de una central térmica convencional. Si $T2$ y $T1$ son las temperaturas en grados centígrados del agua caliente y fría, respectivamente, el rendimiento teórico máximo obtenible en el ciclo se obtiene de la expresión siguiente:

$$\mu = (T2 - T1) / (T2 + 273)$$

En el supuesto de utilizar un emplazamiento de condiciones muy favorables ($T2$=30ºC y $T1$=4ºC), se obtiene un rendimiento μ, en porcentaje, de solo el 8,6%. Los rendimientos globales de estas instalaciones serán apreciablemente más bajos (entre el 2% y el 3%), no solo porque en general los gradientes térmicos suelen ser inferiores al considerado, sino porque hay que incluir los rendimientos de los distintos componentes de la instalación (evaporadores, condensadores, bombas, turbinas, generadores, etc.)».

En este sentido (l) expresa que en condiciones reales cualquier motor tiene un rendimiento inferior al diseñado. La determinación de la potencia que aporta un flujo de agua de mar depende de su entalpía a diferentes temperaturas, generalmente se asume por aproximación que tiene un calor específico similar al agua desalinizada. Bajo este supuesto el cálculo de la disponibilidad de energía que aporta un flujo de agua marina en una unidad de tiempo de $2m^3/s$ que se enfríe a la temperatura de 3ºC tiene una disponibilidad de energía de 2,31 MW.

En 1881, el biofísico e inventor francés Jacques-Arsène d'Arsonval fue el primero en plantear y argumentar teóricamente la posibilidad de utilizar la energía térmica de los océanos y transformarla en electricidad, aprovechando el agua de la superficie con una temperatura de 24ºC a 30ºC para vaporizar el amoniaco contenido en un intercambiador de calor y utilizar este vapor para accionar una turbina acoplada a un generador. Posteriormente el amoníaco sería condensado utilizando las aguas transportadas a la superficie con temperaturas frías (entre 8°C a 4°C desde 800 a 1.000 metros de profundidad). Dado que el amoníaco circula en un circuito cerrado este diseño fue denominado OTEC de ciclo cerrado. Este esquema estaba basado en el ciclo termodinámico de Rankine (k), que era utilizado en el diseño de las plantas de potencia térmicas.

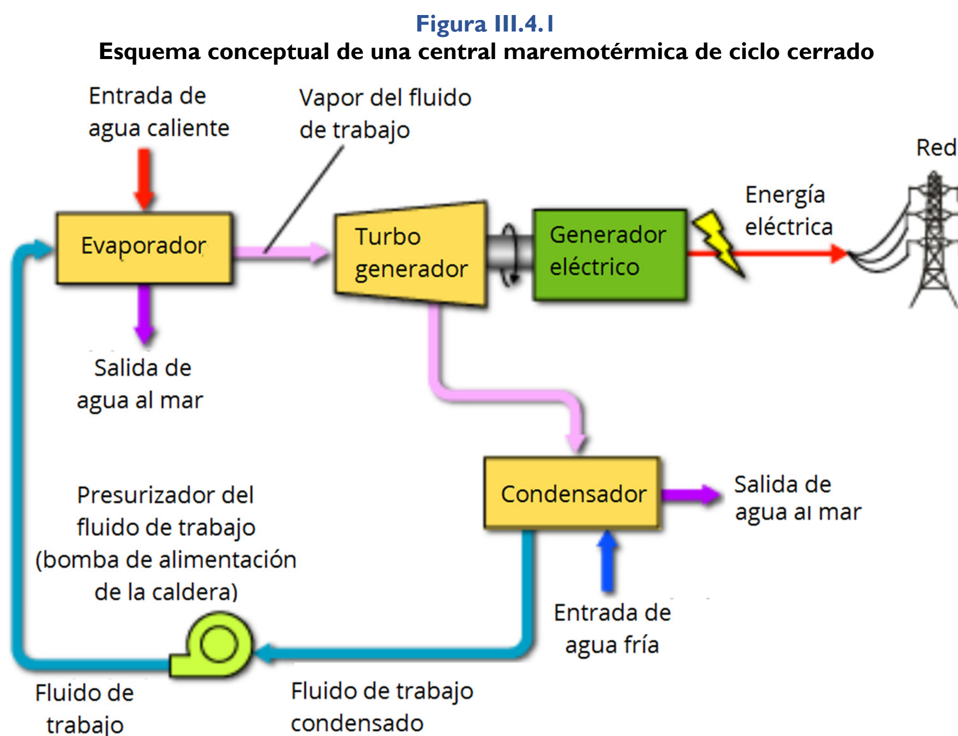
En 1930, Georges Claude, químico, físico e inventor francés, y alumno de Arsonval, construyó y probó la primera planta OTEC operacional basada en el sistema de ciclo abierto generando 22 kW en la bahía de Matanzas.

El ciclo termodinámico más utilizado en OTEC es el ciclo de Rankine que utiliza una turbina de baja presión. En este ciclo el vapor producido en una caldera a alta presión es llevado a una turbina produciendo energía cinética perdiendo presión, conduciéndose a un condensador, donde el vapor remanente se convierte al estado líquido. En seguida es succionado por una bomba que lo comprimirá para ser ingresado de nuevo a la caldera. Procesos como agregar sobre calentadores a la salida de la caldera para obtener vapor sobrecalentado para que entre a la turbina, permite aumentar el rendimiento del ciclo.

Existen tres tipos de tecnología OTEC:

El primer tipo es el de **ciclo cerrado**, denominado también «ciclo de Anderson». Utiliza un líquido intermediario con un bajo punto de ebullición, tales como el propano, amoníaco u otros, que actúa como transmisor de la energía calorífica. En este ciclo el agua caliente de la superficie del mar entra en una cámara donde transmite su calor al fluido intermediario, calentándolo hasta gasificarlo (aproximadamente 10 bares), el cual hace funcionar una turbina generadora de electricidad. El vapor es posteriormente enfriado en un condensador con las aguas frías de gran profundidad para convertirlo en líquido que vuelve a reciclar a través del sistema; este es un proceso continuo (véase la figura 1).

Figura III.4.1
Esquema conceptual de una central maremotérmica de ciclo cerrado

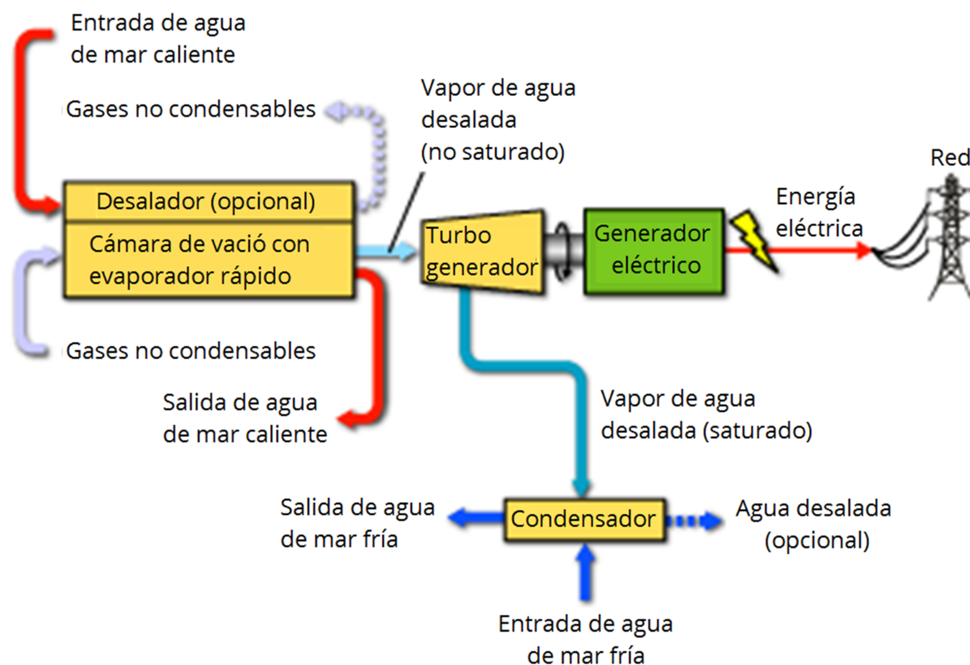


Fuente: Elaboración propia.

La ventaja de este sistema radica en que requiere de turbinas de menor tamaño que las de ciclo abierto, ya que la presión y el volumen específico del líquido intermediario son más elevados, aunque, por otra parte, las superficies de transferencia de calor en el evaporador y el condensador son más grandes dado el bajo rendimiento del sistema.

El segundo es el de **ciclo abierto**, denominado también «ciclo de Claude», en este no se utiliza líquido intermediario y se emplea agua caliente de la superficie del mar para accionar la turbina, transformándose, en una cámara de vacío, en vapor a baja presión. Al faltar el aire en el evaporador disminuye la temperatura de ebullición del agua de mar por lo que esta hierve a la temperatura que se encontraba al entrar desde la superficie del mar. En el evaporador se obtiene una mezcla de vapor y agua líquida a la presión de saturación correspondiente a la temperatura del agua (0,0356 bares para una temperatura del agua de mar de 27ºC). El vapor es separado de la parte líquida pasando a la cámara donde está la turbina de expansión surcando a través de esta accionándola, generando electricidad. Paso seguido se dirige a un condensador, en el que se convierte al estado líquido saturado a una presión y temperatura aproximadas de 0,017 bares y 15ºC, respectivamente El condensador, es de los denominados de contacto directo, y utiliza el agua fría del mar como fluido refrigerante. El agua líquida procedente del evaporador y del condensador se retorna al mar. El proceso se repite con continuos suministros de agua caliente y fría (véase el diagrama III.4.2).

Diagrama III.4.2
Esquema conceptual de una central maremotérmica de ciclo abierto



Fuente: Elaboración propia.

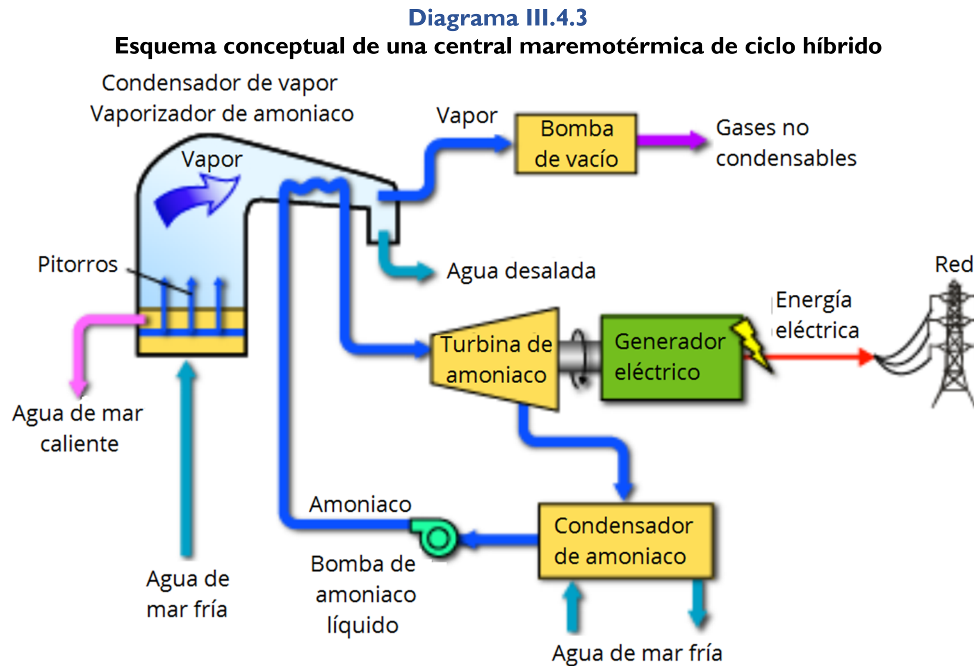
Se plantea que el rendimiento de este sistema es muy bajo, alrededor del 7%, debido a la baja temperatura del foco caliente y la poca diferencia entre los focos caliente y frío. El bombeo del agua de las profundidades del mar que se utiliza para condensar el vapor y accionar la bomba del vacío del evaporador consumen una parte de la energía total disponible estimado entre un 20% a un 30% de la potencia eléctrica generada. Hay que señalar, además, que las bajas presiones del vapor por la baja temperatura del foco caliente, obliga a diseñar turbinas específicas, de gran tamaño, dificultando el desarrollo de este sistema.

El tercero es un **sistema híbrido** entre los dos anteriores, el agua caliente de la superficie del mar entra en una cámara al vacío donde es vaporizada súbitamente, como en un proceso de vaporización de ciclo abierto, este vapor hace hervir al fluido intermediario, con bajo punto de ebullición, que circula en un circuito cerrado como en el ciclo cerrado. El vapor del fluido

intermediario acciona una turbina que genera electricidad, y después es condensado en una cámara para ser recirculado posteriormente. El vapor obtenido del agua de mar es condensado dentro de un intercambiador de calor obteniéndose agua desalinizada, para consumo uso humano agrícola, etc. (véase el diagrama III.4.3).

Diagrama III.4.3

Esquema conceptual de una central maremotérmica de ciclo híbrido



Fuente: Elaboración propia.

Los sistemas OTEC de carácter comercial deben instalarse en un entorno que presente una estabilidad propicia a la óptima operación de estas. Por lo general se construyen en: i) tierra firme o zonas cercanas a la costa; ii) plantas maremotérmicas montadas en plataformas, y iii) en instalaciones flotantes o amarradas en la profundidad de las aguas oceánicas.

Los sistemas OTEC instalados en tierra firme o zonas cercanas a la costa presentan tres ventajas con respecto a las localizadas en aguas profundas, ya que no precisan sofisticados amarres, largos cables para transportar la electricidad generada y no necesitan del constante mantenimiento asociado a las inclemencias de los entornos del mar abierto. Pueden situarse en áreas resguardadas de las tormentas y del embate del mar. Tanto el agua fría rica en nutrientes, el agua desalinizada y la electricidad, pueden ser transportadas desde las instalaciones cercanas a la costa por carretera, puentes, ductos, etc.

En 1974 se estableció en la isla de Hawai, en Keahole Point, en la costa de Kona, el *Natural Energy laboratory of Hawaii* (NELHA), que se convirtió en el más famoso laboratorio y sitio de pruebas para las tecnologías OTEC. Es a partir de la década de 1970 que se inicia la instalación de plantas con tecnología OTEC; en 1979 se instaló en una barcaza en la costa de las Islas de Hawai una Mini-OTEC, que produjo 50kW de potencia bruta y neta de 18kw. En esta locación se instaló en 1993 una planta experimental en tierra, generando 210kW, con una temperatura del agua superficial de 26°C y agua fría de 6°C.

En 1982 un consorcio japonés instaló en la isla de Nauru (Micronesia, Pacífico Central) una planta con una potencia bruta de 100kW, que operó varios meses. En 1999 el *Natural Energy Laboratory*

puso a prueba una planta piloto OTEC de ciclo cerrado generando 250 kW, constituyendo la más grande planta de su tipo puesta en operación.

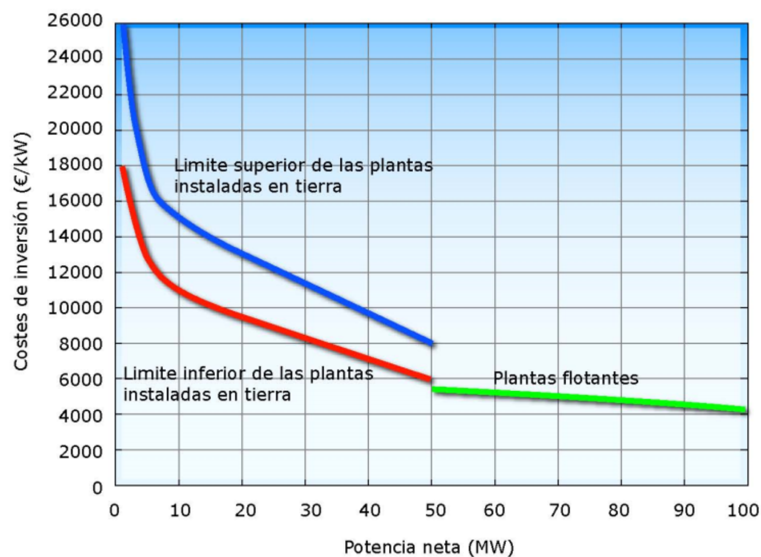
En 2000 se instaló una planta maremotérmica experimental de 1MW de potencia bruta en un barco fondeado a 35 km de las costas de la India, cuya fase operativa fue de 2000 a 2002.

En 1984 científicos del *U.S. Department of Energy* (US-DOE) y el *National Renewable Energy Laboratory* (NREL) desarrollaron un evaporador vertical para convertir al agua cálida del mar en vapor a baja presión para plantas de ciclo abierto, logrando una eficiencia tan alta como el 97% del límite termodinámico. Se mostró que condensadores de contacto directo utilizando empaquetamientos avanzados pueden ser una vía eficiente para disponer el vapor. El equipo del NREL desarrolló y probó condensadores de contacto directo para plantas OTEC de ciclo abierto. Investigadores de Reino Unido diseñaron y probaron intercambiadores de calor de aluminio que pueden reducir los costos de estos en $1.500 por kilovatio de capacidad instalada, concepto que ha sido patentado. Este tipo de tubos hace las limitaciones en tamaño innecesarios mejorando las economías de los sistemas OTEC.

Una planta a ciclo abierto instalada en 1993 en Keahole Point (Hawai) produjo 50.000 watts de electricidad en un experimento, rompiendo el record de 40.000 watts producido por una planta japonesa en 1982.

La Lockhed Martin está proyectando la construcción de una planta OTEC piloto fuera de la mayor isla de Hawai con una capacidad esperada de 10 MW, para operar entre 2012 y 2013. Se espera que esto incentive la construcción de plantas de dimensiones comerciales de 100 MW o más para el 2015 (g).

Gráfico III.4.4
Costos de inversión de planta maremotérmica



Fuente: Elaboración propia.

Los costos de inversión actuales de la tecnología OTEC son altos (véase la figura 4). Se estima que en los próximos 50 años su costo pudiera ser comparable con el de la electricidad producida a partir del petróleo, aunque con la constante y acelerada subida del precio del petróleo, su pronto agotamiento e incluso la inestabilidad de su adquisición harán más atractiva económica y

estratégicamente las tecnologías OTEC. Estos altos costos de esta tecnología sugieren que su promoción sea realizada fundamentalmente por las agencias gubernamentales amen de una menor participación de la industria privada, aunque esto pudiera cambiar en el futuro por grandes asociaciones de capital privado.

Se han establecido escenarios (f) en los que la tecnología OTEC pudiera competir económicamente con las tecnologías convencionales, para ello se comparan los costos de electricidad y de agua desalinizada que son productos netos de esta tecnología, no se toma en cuenta el derrame *(spill over)* que ésta provocaría en otras tecnologías productivas asociadas a ella. Así, en (f) se analizan los escenarios posibles dadas determinadas condiciones económicas, en lo que sigue entre comillas. «En el cuadro 1 se muestra un resumen de los resultados obtenidos utilizando los costos de inversión expresados en la figura 4, y considerando un interés fijo del 10%, un préstamo de 20 años, y una planta maremotérmica con una disponibilidad del 80%. Los costos de operación y mantenimiento se han estimado en aproximadamente 1,5% de los costos de capital.

Un escenario corresponde a pequeñas islas, donde los costos de generar electricidad y agua potable son altos. En tales sitios una planta maremotérmica instalada en tierra de 1 MW y con desalinización de agua, podría competir económicamente hoy día. Sin embargo, son pocos los lugares en el mundo que presentan este escenario.

Cuadro III.4.1
Costos de inversión de planta maremotérmica
Lugares potenciales de implantación de plantas maremotérmicas en función de los costos del fuel y del agua desalinizada.

Tamaño nominal, MW	Tipo	Escenario	Sitios potenciales
1	Plantas ubicadas en tierra con segunda etapa para producir agua potable	Costo del diésel: 45€/barril Agua: 1,6€/m^3	Situación actual en pequeñas islas estado
10	Igual que el anterior	Fuel oil: 30€/barril Agua: 0,9€/m^3	Áreas insulares del Pacífico americano y otras naciones isla.
50	Sistemas híbridos en tierra, con segunda etapa	Fuel oil: 50€/barril Agua: 0,4€/m^3 ó Fuel oil: 30€/barril Agua: 0,8€/m^3	Hawái, Puerto Rico Si los costos del fuel y el agua se duplican
50	Sistemas ubicados en tierra	Fuel oil: $40/barril	Igual que arriba
100	Plantas flotantes	Fuel oil: 20€/barril	Numerosos sitios

Fuente: Elaboración propia.

Un segundo escenario corresponde a condiciones que pueden presentarse en varias islas. En este escenario, plantas maremotérmicas de 10 MW ubicadas en tierra podrían suministrar electricidad y agua desalinizada a costos competitivos. Se estima que, dentro de 20 años, en diversas islas del Pacífico, hayan sido instalados un total de 100 a 300 MW.

Un tercer escenario corresponde a plantas maremotérmicas híbridas, situadas en tierra, para un mercado de naciones industrializadas. En este escenario se emplearían plantas de 50 MW o de mayor capacidad y podría tener un costo del doble del costo del fuel oil o del costo agua producida.

Un cuarto escenario corresponde a las plantas maremotérmicas flotantes destinadas a la generación de electricidad de 100 MW o mayores y que transportan electricidad a la costa mediante un cable submarino. Estas plantas podrían implantarse en muchos lugares y podrían abarcar un mercado significativo. Los costos estimados de inversión y los costos resultantes de la electricidad se muestran en el cuadro III.4.2.

Cuadro III.4.2
Costes estimados de una planta maremotérmica flotante de 100 MW

Distancia a la costa (km)	Costos de capital (C/kW)	Costo de la energía (C/kWh)
10	4 200	0,07
50	5 000	0,08
100	6 000	0,10
200	8 100	0,13
300	10 200	0,17
400	12 300	0,22

Fuente: Elaboración propia.

Estos escenarios en el momento de la realización de este ensayo pudieran cambiar si tenemos en cuenta los actuales precios de los combustibles fósiles, así en febrero 2011 el precio del fuel oil (Retail Price-impuesto excluido) es de 124,5 dólares por barril, y el del diésel nominal 128,4 dólares por barril.

Generalmente en estos proyectos se considera estas variantes, sin considerar establecer un incremento sustancial de la diferencia potencial entre la temperatura del fondo y la temperatura en la superficie incrementando esta última significativamente, a través de la energía solar concentrada u otros medios a tal fin. La energía solar constituye otra fuente de energía abundante.

A. ¿Es factible la concentración de la energía solar?

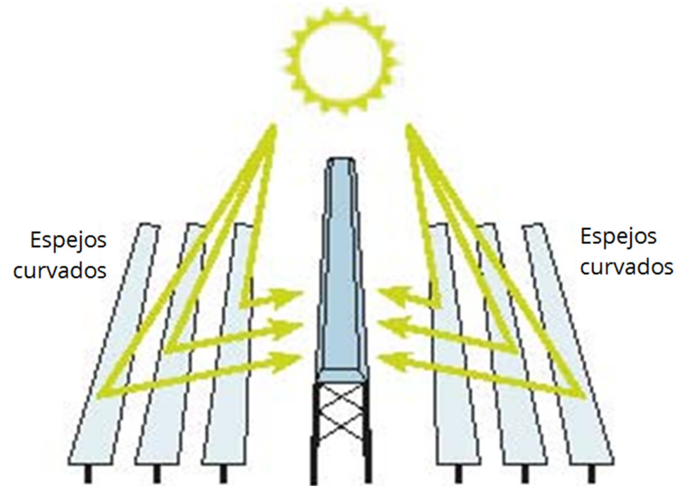
La energía solar térmica de concentración (ESTC), es aquella obtenida al utilizar cientos de espejos para concentrar los rayos del sol, obteniéndose temperaturas que oscilan entre 400°C y 1.000ºC, existiendo una variedad de espejos y formas de seguimiento solar y de generar la energía útil. Con la tecnología actual, las centrales de energía solar térmica de concentración alcanzan una potencia entre 50 MW y 280 MW y aún podría ser mayor.

Existen centrales de energía solar térmica de concentración en varios lugares del mundo utilizando varios sistemas para ello. Estas, al igual que las centrales térmicas convencionales utilizan vapor para accionar una turbina, pero convirtiendo la radiación solar en vapor o gas a alta temperatura. Estas centrales están constituidas por cuatro elementos principales: un concentrador, un receptor, algún tipo de medio de transporte y/o almacenamiento, y conversión eléctrica. Los sistemas más destacados son los siguientes (i):

1. Sistemas de concentradores lineales de Fresnel (LFR)

Están constituidos por un conjunto de reflectores casi planos que concentran la radiación solar en receptores lineales invertidos elevados. El agua que fluye por los receptores se convierte en vapor. Este sistema presenta un bajo costo en soporte estructural y reflectores, y es considerado como una alternativa potencial a la tecnología de canales parabólicos para la producción de calor de proceso solar a menor costo.

Diagrama III.4.5
Sistemas de concentradores lineales de Fresnel (LFR)

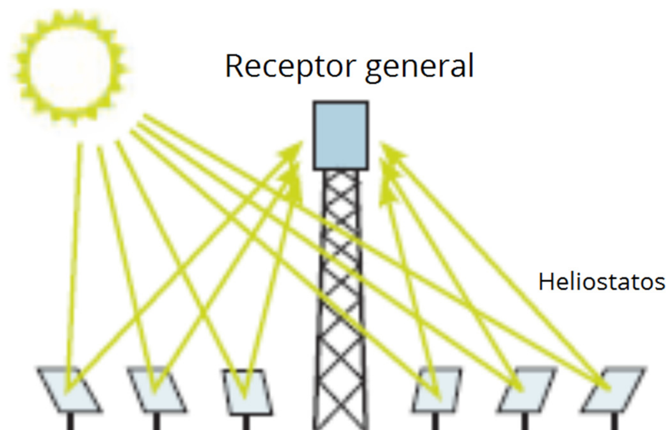


Fuente: Green Peace, Solar Paces y Stella: Energía solar térmica de concentración: Perspectiva Mundial 2009.

2. Sistemas de receptor central o torre solar

Está constituido por un conjunto circular de helióstatos (grandes espejos con sistemas de seguimiento solar) que concentra la luz solar en un receptor central montado sobre una torre. En el receptor central la radiación altamente concentrada es absorbida por un medio de transferencia térmica, es convertida en energía térmica que se utiliza para generar el vapor súper calentado para la turbina. Los fluidos de transferencia térmica que se han desarrollado incluyen agua/vapor, sales fundidas y aire.

Diagrama III.4.6
Sistemas de receptor central o torre solar



Fuente: Green Peace, Solar Paces y Stella: energía solar térmica de concentración: Perspectiva Mundial 2009.

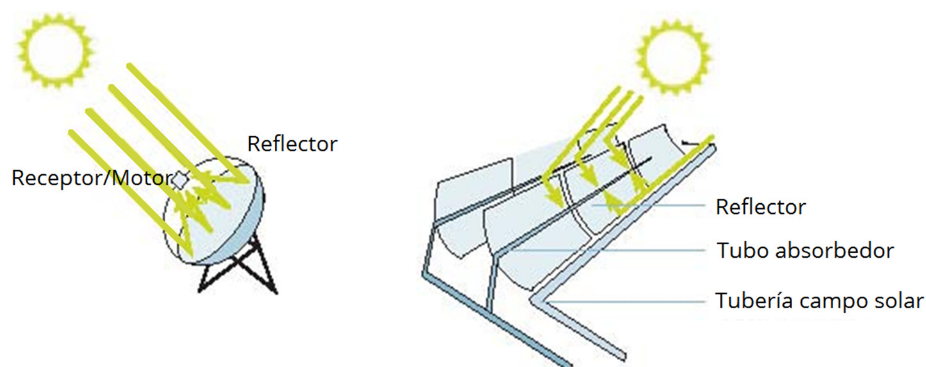
3. Sistemas de disco parabólico

Están constituidos por un reflector parabólico en forma de disco que concentra los rayos solares en un receptor situado en el punto focal de disco. El receptor absorbe la radiación de los rayos solares y calienta un fluido o gas (aire) que es utilizado para generar electricidad por medio de un pistón o motor Stirling, o bien por una micro turbina conectada al receptor.

4. Canales parabólicos

Están constituidos por espejos reflectores de forma cilindro parabólicos que concentran la luz solar en tubos receptores térmicamente eficientes ubicados en la línea focal de la parábola. Por esos tubos se hace circular un fluido de transferencia térmica, como aceite térmico sintético. Este se calienta a unos 400°C mediante los rayos solares concentrados y se bombea por una serie de intercambiadores térmicos para producir un vapor súper calentado, que se convierte en energía eléctrica en un generador de turbinas de vapor convencional o puede integrarse en un ciclo combinado de turbinas de vapor y gas.

Diagrama III.4.7
Sistemas de disco parabólico y sistema de canales parabólicos



Fuente: Green Peace, Solar Paces y Stella: energía solar térmica de concentración: Perspectiva Mundial 2009.

En cuanto a la experiencia operativa lograda en esta tecnología, con relación a la potencia instalada y la electricidad producida por tipo de tecnología, véase el cuadro III.4.3.

Cuadro III.4.3
Experiencia con la tecnología de concentración solar

Tecnología	Potencia instalada	Electricidad producida hasta 2009 (GWh)	Potencia aproximada en constr. y propuesta (MW)
Canales parabólicos	500	>16 000	>10 000
Torre solar	40	80	3 000
Fresnel	5	8	500
Disco parabólico	0,5	3	1 000

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro III.4.4 se muestra la variación de los costes por m² y generación de electricidad en watts por tecnología, de acuerdo con el Departamento de Energía de los Estados Unidos, entre 1997 y 2030.

Cuadro III.4.4
Tecnologías de generación termoeléctrica

	Colectores cilindro-parabólicos	Receptores centrales	Discos parabólicos
Tamaño	30 MW –320 MW [a]	10 MW –200 MW [a]	5 MW –25 MW [a]
Temperatura de trabajo (°C)	390	565	750
Eiciencia neta anual	11% (d)–16% [a]	7% (d)–20% [a]	12%–25% [a] (e)
Grado de desarrollo	Comercial	Demostración a gran escala	Demostración de prototipos
Costes			
$/m^2$	630–275 [a]	475–200 [a]	3 100–320 [a]
$/W	4,0–2,7 [a]	4,4–2,5 [a]	12,6–1,3 [a]

Fuente: Departamento de Energía de los Estados Unidos, US-DOE [en línea], <www.eere.energy.gov/troughnet/pdfs/solar_overview.pdf>.

[a] Variación entre los años entre 1997 y 2030; (d)= valores demostrados; (e)= valores estimados.

La energía solar térmica de concentración, al contrario de la energía maremotérmica, tiene el inconveniente de que la generación no es constante las 24 horas del día, ya que depende de una fuente, el sol, que está disponible aproximadamente la mitad del día y de esa cantidad no toda es aprovechable, por lo que se han concebidos diversos sistemas para almacenar dicha energía y utilizarla en los momentos que no se dispone de la luz solar o para adaptarla a la demanda del momento independientemente de la hora. Esta tecnología es denominada Tecnologías de almacenamiento térmico o también TES (Almacenamiento de Energía Térmica). Las distintas tecnologías de almacenamiento, los materiales y métodos varían en dependencia de las especificaciones de las centrales TES.

Estas tecnologías de almacenamiento pueden ser directas o indirectas. En estas última el medio de almacenamiento no es calentado directamente por los concentradores, utilizan un fluido de transferencia térmica, generalmente un aceite sintético, este pasa por un intercambiador térmico con el medio de almacenamiento calentándolo indirectamente. Este fluido de transferencia es generalmente aceite sintético y el del medio de almacenamiento está formado por sales fundidas.

Existen distintos tipos de tecnologías para el almacenamiento unas en uso otras en etapa de desarrollo, que son:

a) Almacenamiento indirecto con sales fundidas

En esta tecnología las sales fundidas pasan a un intercambiador térmico con el aceite que es calentado por el concentrador y es almacenado en el tanque caliente para su posterior uso. La extracción posterior de este calor se realiza invirtiendo el proceso por el intercambiador, transfiriéndose el calor de nuevo al aceite y producir vapor para el generador. La ventaja de este proceso está en que los aceites para la transferencia térmica constituyen una tecnología ya probada y verificada, pero con el inconveniente del alto precio de los intercambiadores térmicos que añaden costos a la inversión. Las centrales de Andasol 1 de Granada (España) son un ejemplo de este tipo, en éstas se emplea un tanque de frío (alrededor de 290°C) y un tanque caliente de 390°C) de sales fundidas, con una capacidad de 29.000 toneladas en cada uno.

b) Almacenamiento directo de vapor

En esta tecnología, denominada también «almacenamiento de Ruth», el vapor es almacenado en tanques de una capacidad de almacenamiento limitada debido a los costos elevados de los recipientes a presión para grandes capacidades de almacenamiento y volúmenes de vapor. Esta tecnología es idónea para el almacenamiento intermedio para potencia punta. Está siendo utilizada comercialmente en la Planta PS10 (Parque Solar de Sanlúcar, España), ofreciendo entre 30 minutos y una hora de operación extra.

c) Almacenamiento indirecto con hormigón

En esta tecnología se utiliza el hormigón para acumular el calor encontrándose en diferentes etapas en instalaciones prototipo presentando un buen historial. El rango de temperaturas en que opera el «almacén» de hormigón oscila entre 400°C a 500°C, presentando un diseño en módulos y escalable para capacidades entre 500 kWh y 1000 MWh. Los costos asociados de inversión están en 30 euros/kWh aspirándose a menos de 20 euros/kWh. Existen dos generaciones, los de la primera con dos años operativos y una capacidad de 300 kWh y los de la segunda, dispuestos para una demostración, tienen 400 kWh.

d) Almacenamiento indirecto en un medio de cambio de fase

Esta tecnología está en proceso de desarrollo, en esta, se utiliza el punto de fusión/congelación de sales como los nitratos de sodio o de potasio para almacenar y obtener calor para la condensación y evaporación de vapor en plantas de vapor directas. El líquido de transferencia térmica caliente fluye por un colector que está incrustado en los materiales de fase cambiante transfiriendo su calor al material de almacenamiento. La densidad volumétrica y el bajo coste de los materiales de almacenamiento es la principal ventaja de esta tecnología. No hay aplicaciones comerciales de momento, aunque algunos prototipos han sido testados.

e) Otras posibles alternativas de almacenamiento

Investigadores de la Universidad de Arizona (UA) de la Escuela de Sistemas de Ingeniería Sostenible están diseñando un sistema que permiten almacenar aire comprimido de forma económica. El grupo del CAES (*Compressed Air Energy Storage*) está buscando vías económicas para almacenar la energía en contenedores hechos por el hombre o bajo tierra en reservorios naturales, para utilizarla en gran escala casa por casa, por todo el país o en escala útil. En este sistema un motor de baja velocidad utiliza toda o parte de la energía del panel solar o del generador eólico para bombear aire en un tanque similar a los usados para el propano y el oxigeno. Esto permite que, cuando los paneles solares no funcionen, en las noches, y los generadores de viento dejen de girar, se calentase ligeramente el aire comprimido dirigiéndolo hacia una turbina que genera electricidad o conducirlo a sistemas mecánicos sin producir electricidad. La energía es luego utilizada para accionar un aparato como un refrigerador u otros equipos. Varias de estas unidades pueden ser conectadas entre ellas para abastecer a un hogar. Los investigadores en el laboratorio de la UA para la obtención de imágenes subterránea avanzada, o LASI, están desarrollando sistemas de obtención de imágenes subterráneas de alta resolución que pueden ser utilizados para encontrar depósitos de sal, rocas porosas y otros reservorios de almacenamiento subterráneos naturales. Estos sitios podían ser usados para soportar las cantidades grandes de aire comprimido para mover turbinas a escala utilitaria.

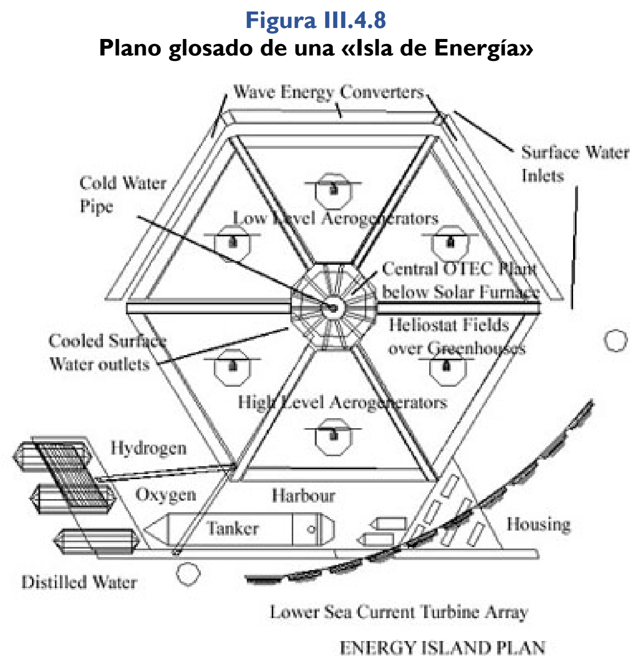
5. Aplicaciones de las tecnologías OTC

A comienzos de la década de 1950, las estaciones de energía OTEC sugirieron el concepto de concepto de «Isla flotante» al comandante Philippe Tailliez, colaborador cercano de Jacques Cousteau, para la generación de electricidad y de otras aplicaciones complementarias.

Dado que el mayor inconveniente de muchos proyectos OTEC es el bajo diferencial de aproximadamente 20°C, en el trópico, entre la temperatura de las profundidades y la de la superficie marina, que limita la eficiencia termodinámica de estas plantas, se proyectó la «Isla flotante» como un sitio donde se instalasen conjuntamente toda una variedad de sistemas de conversión de energía renovable para maximizar toda la producción de energía aprovechable de todas las fuentes disponibles, de tal forma que todos los sistemas interrelacionados puedan ayudarse entre sí para lograr una gran eficiencia en la conversión de la energía. De esta forma, esta estructura pudiera ser idónea no solo para aguas tropicales sino también para altas latitudes.

El concepto de «Isla flotante» ha sido desarrollado y puesto a prueba en gran escala por el arquitecto e ingeniero anglo-francés Dominic Michaelis y su hijo Alex, así como con Trevor Cooper-Chadwick de la Universidad de Southampton, en la construcción de una «Isla de energía» flotante de forma hexagonal («*Energy Island*») que obtiene energía de la OTEC, así como del viento, corrientes marinas, oleaje y del sol (véase la figura III.4.8).

Figura III.4.8
Plano glosado de una «Isla de Energía»



Fuente: Michaelis, Dominic (2002), *Energy Island. International OTEC Association Summer Newsletter*.

Este proyecto es licitado para una financiación de 25 millones de dólares ofrecida por la «*Virgin Earth Prize*» de Richard Branson, que es otorgado a investigaciones ambientalmente responsables.

De acuerdo con Dominic, la isla típica tiene una forma hexagonal, de modo que pueda unirse con otras unidades para formar conjuntos, o bien en forma lineal (véase la figura 9). El hexágono está formado por seis triángulos equiláteros de 300 metros de largo, los lados en su distancia más larga de 600 metros y en la más corta de 520 metros. Su área total sería de 234.000 m² o el equivalente a 23,4

hectáreas, estas medidas garantizarían la estabilidad en el mar de fondo. La «Energy Island» está concebida para captar y obtener y convertir el máximo de las fuentes de energía renovable aprovechable.

Estas podrán incluir, de acuerdo con Michelis (m):

a) ***Energía eólica:*** esta energía es variable en el tiempo y locación, pero en alta mar es más abundante. Los aerogeneradores deberán estar montados en torres hidráulicas ajustables en altura, permitiendo la obtención a diferentes alturas donde una torre deberá estar a sotavento de otra. En una amplia plataforma de 600 metros se ha pensado poner tres torres de pequeña altura de 70 metros de diámetro y tres torres de gran altura, cada una capaz de generar 3 MW. La producción pico total sería de 18 MW.

b) ***Energía de la corriente marina:*** esta energía depende del lugar. Se asume que un ensamblaje de turbinas en caperuza a través de 500 metros, perpendicular al flujo de la corriente, puede generar 2MW/100 metros o un total de 10 MW.

Figura III.4.9
Imagen de una *energy island*



Fuente: <www.gizmag.com/energy-island-otec/8714/>.

c) ***Energía de las olas:*** en las aguas tropicales el promedio esperado de la energía de las olas es de 15kW/metro, mientras que en el mar del Norte el perfil promedio es de 50 kW/metro. Uno de los problemas que tienen los sistemas OTEC reside en los grandes volúmenes de agua que deben ser consumidos, entonces la energía de las olas puede ser utilizada directamente para inducir estos flujos sin el uso de la generación de electricidad. Con un frente de 600 metros se logra una fuente de 9 MW, del cual se asume que dos tercios pueden ser transferidos a energía hidráulica aprovechable, una contribución de 6 MW.

d) ***Energía solar***: se consideran instalar en las 22 hectáreas de la plataforma diferentes sistemas de colectores solares, desde arreglos PV hasta sistemas de concentradores térmicos. La hechura hexagonal se brinda bien para un sistema de «Torre de Energía» en latitudes tropicales. La colección de eficiencias más altas de cerca del 75% es lograda por este sistema de concentradores del tipo «Torre de Energía», el cual a 800°C permite un porcentaje de conversión secundaria de voltaje del 40%, y una eficiencia total del 30%.

Teniendo en cuenta que una radiación a nivel del mar de 0,9 kW/m^2 puede producir en 20 hectáreas una entrada de térmicas al foco de 135 MW y una salida de electricidad de de 5,4 MW (e) tope. En aguas tropicales, la pérdida de coseno deviene baja durante las tres horas alrededor del mediodía, se puede asumir entonces que la Torre de Energía operará a régimen tope durante las seis

horas restantes por día, aumentando las pérdidas en el resto de las horas. Lo anterior da un equivalente a 12,5 MW de salida continua. Pero las remanentes 81 MW (th) tope pueden ser utilizadas totalmente por el sistema OTEC para aumentar su eficiencia, lo que constituye una contribución de 20,25 MW (termal) continuo. La captación a altas temperaturas debido a su eficiencia puede ser un gran beneficio a los sistemas OTEC, dado que por la gradual disolución del alto nivel de calor «residual» a bajo nivel de calor, los beneficios efectivos pueden aumentar el diferencial de temperatura para incrementar las eficiencias de Carnot, es posible introducir un cierto número de subsistemas de generación en cascada.

La contribución total tope del viento, olas, corriente, y recurso solar asciende a 47,5 MW electricidad, 6 MW hidráulica y las relativamente de alto grado de energía termal 20,25 MW, dando un total de 73,75 MW

Michaelis estima que conformando una cadena de cuatro a ocho «*Energy Islands*» se puede alcanzar los niveles de producción de una central nuclear. Michaelis estima que con una cadena de 3.708 módulos extendidos en una longitud de 1.928 kilómetros y abarcando un área total de más o menos 30 por 30 kilómetros se podría reemplazar enteramente la energía nuclear. Para satisfacer el consumo total de energía global actual se necesitarían 52,971 «*Energy Islands*» ocupando un área total de 111 por 111 kilómetros, que Michelis describe en su sitio web como «una cabeza de alfiler en los océanos».

La localización de las «*Energy Island*» tiene la ventaja de no infringir por otra parte propiedades de haciendas reales como en el caso de las estaciones de energía y de algunas granjas de bioethanol.

Las «*Energy Islands*» son al parecer una variante de obtener energía renovable a costos que puedan competir con los de las otras fuentes tradicionales de obtención de energía, sea en base al petróleo o la energía nuclear fundamentalmente, en base a unir e interconectar varios tipos de sistemas de captación de energías renovables, compensando entre ellos costos, de modo que la suma total de estos sea mayor que los costos si cada una de las tecnologías funcionasen independientemente. No obstante, si cada una de las tecnologías expuestas presentan un cierto grado de complejidad tecnológica, las «*Energy Islands*» presentan un grado muchísimo mayor de complejidad, así como un costo mayor, dado en parte por la misma fabricación de la estructura, de hecho, es el equivalente a la construcción de un barco de gran porte. Esta es una tecnología que los países con grandes recursos económicos y científico-tecnológicos pueden asumir.

Enmarcándonos en el contexto del continente americano, lo anterior parece de difícil ejecución en el mediano plazo. Es por eso que teniendo en cuenta los beneficios propios de reunir en un área de relativa poca extensión varios sistemas de captación de energía renovable de forma que en su interacción se compensen sus desventajas «la cantidad se convierta en calidad» y teniendo en cuenta las ideas y resultados aportados por Michaelis, en primera instancia se propone la consideración un esquema con cierta similitud, pero concebido en su implantación sobre tierra firme.

Es conveniente considerar la implantación en locaciones terrestres apropiadas de un «Cluster Energético-Tecnológico» que agrupe en un entorno geográfico los actores en el campo de la obtención de la energía renovable, tanto en lo relativo a la tecnología como al staff profesional de operación como el investigativo, permitiendo lograr «externalidades locacionales» por la transmisión del conocimiento tácito, favoreciendo la innovación y el aprendizaje entre los actores vinculados así como haciendo posible los acuerdos de cooperación, que permiten lograr economías de escala y alcance, aprovechar complementariedades, así como aumentar la capacidad de reaccionar veloz y flexiblemente ante los cambios del entorno en esta área.

B. Posibles ubicaciones idóneas

Dada la existencia de variadas tecnologías para la obtención de energía renovable (maremotérmica, energía solar, de las olas, energía eólica, energía de corrientes) queda por ubicar los posibles lugares que presenten una idoneidad en los aspectos anteriormente mencionado en la isla de Cuba.

Todo parece indicar, amén de otras zonas en la isla, que toda la costa sur del extremo oriental de la isla, que abarcan las provincias de Guantánamo, Santiago de Cuba y Granma, cumple en gran medida estos requerimientos. Éstos son:

a) una larga extensión costera, con una longitud de aproximadamente 380 kilómetros;
b) deshabitada en su mayor extensión;
c) con una temperatura promedio anual en la superficie del mar de más de 27°C (j_3);
d) con una suma anual de horas luz de 2.700 a 2.900 fundamentalmente en la parte occidental y de 2.900 o más en la costa de la Provincia de Guantánamo. (j_1);
e) orientada hacia el sur;
f) con una radiación solar global media anual de 16,0 a 16,5 MJm^2, fundamentalmente en la parte occidental y de 17,0 o más MJm^{-2} en la costa de la provincia de Guantánamo;
g) con un acceso inmediato al veril de la fosa de Batlett, con más de 3.000 metros de profundidad;
h) un extenso litoral de aproximadamente 380 kilómetros sometido al embate de las olas, y
i) corrientes marinas de cierta intensidad entre la isla de Cuba y la de Haití (La Española).

En el contexto geográfico inmediato más cercano, una concepción de este tipo pudiera considerarse aplicable a varias islas en la región del Caribe. Así podemos considerar a Haití por su costa inmediata a la Fosa de Batlett; a las islas Caimán que tienen acceso a una extensión de dicha fosa; a Puerto Rico, con acceso a la fosa más profunda de la región y otras locaciones que deberían ser analizadas en otra oportunidad.

En especial Haití, país con una economía de las más pobres de la región y con grandes dificultades en la adquisición de las energías no renovables como el petróleo, y con un grado de deforestación por el uso de la leña como combustible, podría verse beneficiado con proyectos de esta índole, dado por inversiones de capital privado y/o de las organizaciones económicas de las naciones de la América Latina y del resto del continente.

C. Bibliografía

Academia Nacional de Cuba (1989), *Nuevo Atlas Nacional de Cuba,* La Habana.

VI Clima 5, Insolación Anual, Suma Anual de Horas Luz.

VI Clima 6, Radiación Solar Global Madia Anual.

VIII El Mar 1 y 2, Temperatura Promedio.

Coxworth, Ben (2010), *More fund for Hawaii´s Ocean Thermal Energy Conversion Plant* Véase: <www.gizmag.com/locheed-martin-otec-hawaii/17081/>.

Michaelis, Dominic (2002) *Energy Island*, MA Cantab, MSc Cornell, RIBA, < http://www.solarenergyltd.net/energy%20island.htm >.

Fernández, Díez Pedro, «Energía Maremotérmica», Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética. Santander, Cantabria, España, Universidad de Cantabria [en línea], <rcalero.aferventus.biz/energia/energia_p/contenidos/guiadidac/guiadidacticaecap08.pdf> y <comunidad.eduambiental.org/file.php/1/curso/contenidos/docpdf/capitulo24.pdf>.

Jhon P., *Can Ocean Thermal Energy Conversion Turn the Tide on Climate Change?* [en línea], <www.celsias.com/ media/uploads/admin/opencycle.jpg>.

Juventud Rebelde (2010), «Cuba generó electricidad con energía térmica oceánica», edición digital [en línea], <www.juventudrebelde.cu/>, 21 de junio.

Linares, Corp. Sergio, «La energía del mar. Tercera parte: La energía térmica de los océanos», CUBAENERGÍA, [en línea], <feedproxy.google.com/~r/NoticiasDeLaCienciaYLaTecnologia/~3/l1yaPegcHvQ/>.

Michaelis, Dominic (2002), «Energy Island», *International OTEC Association*, Summer Newsletter.

Termoclina

Ciclo de Rankine [en línea], <es.wikipedia.org/wiki/Ciclo de Rankine>.

Energía maremotérmica [en línea], <es.wikipedia.org/wiki/Energíamaremotérmica>.

Georges Claude [en línea], <es.wikipedia.org/wiki/Georges_Claude>.

Grupo Blas Cabrera [en línea], <www.grupoblascabrera.org/ter/marin/marin14.htm>.

New Atlas [en línea], <www.gizmag.com/energy-island-otec/8714/>

Artículo III.5
Valoración técnica y económica del impacto de la inserción de la energía fotovoltaica conectada a red como generación distribuida en el sector residencial

Federico A. Morán*
Marcos L. Facchini, Instituto de Energía Eléctrica
Universidad Nacional de San Juan (Argentina)

Víctor M. Doña, Comisión de Obras y Servicios Públicos
Cámara de Diputados de la Provincia de San Juan (Argentina)

Resumen

Se presenta inicialmente la conformación de las matrices energéticas actuales tanto a nivel mundial como en la Argentina, observando el bajo impacto de la penetración de energías renovables. Posteriormente se hace mención del recurso disponible que presenta la Argentina en materia de radiación solar y la zona de San Juan como zona de alto potencial para el uso de la energía solar fotovoltaica, permitiendo dar un aporte en el cambio de las matrices energéticas actuales. Se presenta una evaluación técnica preliminar estudiando el efecto que produce la inserción de generación distribuida fotovoltaica sobre una red de distribución de baja tensión correspondiente a un barrio de la ciudad de Caucete en la provincia de San Juan-Argentina, evaluándose los beneficios en la calidad del producto técnico y disminución de pérdidas de transmisión. Además, se presenta una evaluación económica de los sistemas fotovoltaicos con inserción de energía a la red de distribución. Con ello se pretende estimar los posibles valores de retribución por la energía inyectada a la red y costos de inversiones que posibilitarían que usuarios del sector residencial inviertan en esos sistemas.

A. Introducción

La preocupante situación energética mundial presenta nuevos desafíos sin soluciones ciertas, que van agravando la matriz energética actual, acentuando los conceptos tradicionales de generación y distribución de energía eléctrica. Frente a factores como el aumento diario de la demanda energética, el aumento gradual de los costos de generación, la necesidad de reemplazar gradualmente el recurso del petróleo, entre otros, hacen cada día más urgente un cambio en la política energética mundial. Asimismo, la preocupación por el calentamiento global y el cuidado del medio ambiente han tomado gran relevancia a nivel mundial. Esto ha desencadenado un aumento en los esfuerzos para reemplazar las tecnologías generadoras eléctricas tradicionales por nuevas tecnologías menos contaminantes.

En mención de lo dicho anteriormente se presenta la composición de la matriz energética a nivel mundial y a nivel nacional, donde se observa la pequeña participación que tiene la energía solar. Asimismo, se hace referencia a la alternativa que presenta la Argentina en su enorme potencial para el uso de la energía solar fotovoltaica (FV) por presentar elevadas radiaciones solares anuales.

Dentro de este contexto se presenta un análisis iniciado en la Provincia de San Juan-Argentina, que considera la generación basada en tecnología FV a instalar en las viviendas de usuarios cautivos del sistema de distribución de Baja Tensión (BT) compuesto por 117 viviendas residenciales. Se

* Contacto: Federico Alberto Morán, Tel. (+54-264) 4226-444, int.: 388 ● C.E.: fmoran@iee.unsj.edu.ar.

realiza la evaluación de parámetros técnicos-económicos (niveles de pérdidas de transmisión y niveles de tensión) debidos al impacto de la inserción de generación solar distribuida en los sistemas de distribución no aislados y conectados a red.

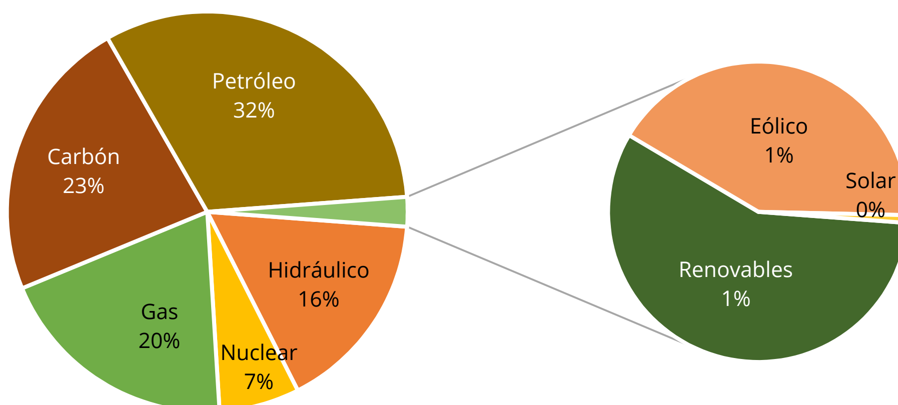
A efectos de valorar los parámetros técnicos indicados se describe previamente el procedimiento empleado para modelar la demanda del sector residencial, la generación de energía FV y la red utilizada como ejemplo. La modelación se realizó sobre la red de distribución en BT perteneciente a un barrio de la ciudad de Caucete en la Provincia de San Juan.

Y por último se presenta un estudio de viabilidad económica de la inserción de energía de los sistemas FV en el sector residencial. Esto incluye la inyección de energía en la red de distribución, y la determinación de los posibles valores de remuneración por la energía inyectada, así como los costos de inversión que estimulan las inversiones por parte de los usuarios.

B. Composición de las matrices energéticas

Es conocido que la matriz energética mundial es altamente fósil-dependiente, en base al uso de hidrocarburos como el petróleo, gas natural y carbón, donde aproximadamente un 82% depende de hidrocarburos y de energía nuclear, 16% de energía hidráulica y tan solo un 2% de otros tipos de energía (véase el gráfico III.5.1). Estos recursos primarios convencionales y no renovables se van agotando a un ritmo cada vez mayor, en función del crecimiento de la población y de su bienestar.

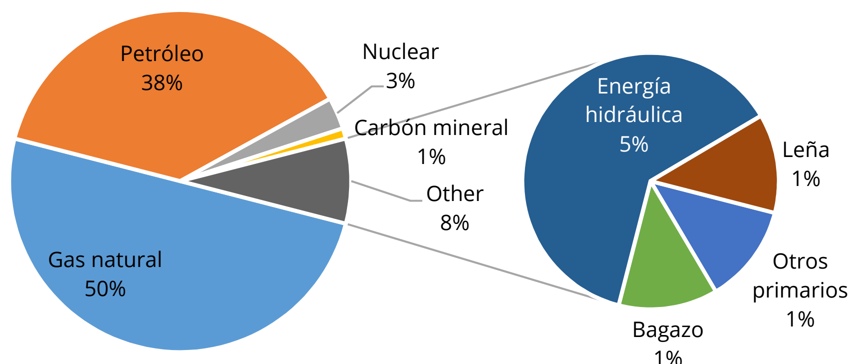
Gráfico III.5.1
Matriz energética mundial



Fuente: Elaboración propia.

En esta composición energética no está ausente la República Argentina, en la cual el gas natural y el petróleo son los principales protagonistas de la matriz energética primaria, acumulando el 88%, de acuerdo con datos del Balance Energético Nacional (BEN). Solo un 8% del consumo total lo ocupan las energías renovables (ER), de las cuales 5% corresponden a la energía hidráulica. El uso de la energía solar y eólica conforma, en conjunto, menos del 1% de la matriz energética primaria total (véase el gráfico III.5.2).

Gráfico III.5.2
Matriz energética nacional



Fuente: Elaboración propia.

Los desarrollos orientados a la generación de energía a partir de fuentes renovables serán estratégicos no solo para Argentina, sino para toda la región.

De las múltiples alternativas en materia de energías limpias, la energía del sol es una de las más importantes. El recurso disponible es enorme: en Argentina se recibe una radiación muy importante y favorable para el uso de energía solar FV. La zona centro del país posee una radiación promedio de unos 1.600 kWh/m²/año, un excelente recurso, comparable con las regiones más soleadas de Europa. Esto se traduce en un enorme potencial para el uso de la energía solar. Sin embargo, este gran potencial se encuentra en su mayoría sin utilizar: la capacidad instalada en Argentina es de alrededor de 2 MWp solo aplicada en sistemas aislados y en muy baja escala.

La Provincia de San Juan presenta elevadas radiaciones solares anuales, en principio, un lugar muy propicio para la generación de electricidad en base a este recurso. Adicionalmente posee aproximadamente el 90% de su superficie con montañas y zonas áridas desérticas y semidesérticas, siendo estas últimas adecuadas para su uso en la instalación de paneles FV dado que su aprovechamiento para otros recursos económicos es difícil.

Las figuras III.5.1 y III.5.2 muestran la distribución espacial del promedio mensual de la radiación solar global diaria sobre plano horizontal en Argentina en los meses de julio y enero kWh/m²-día. En particular la Provincia de San Juan y la zona de la cordillera, hasta el norte del país, poseen la franja de mayor radiación solar del país y una de las seis mayores en el mundo, alcanzando un orden que en algunos lugares supera los 2.500 a 2.700 kWh/m²/año [1].

San Juan es un área que posee alta radiación solar y es una zona muy apta para el desarrollo de esta actividad. La elevada radiación directa permite tener un alto rendimiento de los paneles FV. Se realizaron mediciones directas por la Universidad Nacional de San Juan y los valores muestran, para un promedio de los últimos diez años, radiaciones diarias de 5.800 Wh/m²/día a 45º de inclinación de paneles y 6.700 Wh/m²/día en superficies horizontales en enero; y radiaciones diarias de 6.000 Wh/m²/día a 45º de inclinación de paneles y 7.700 Wh/m²/día en superficies horizontales en diciembre. Estos elevados niveles de radiación infieren que se pueden obtener altos niveles de generación FV.

Figura III.5.1
Distribución promedio de radiación global diaria, mes de julio *(kWh/m²)*

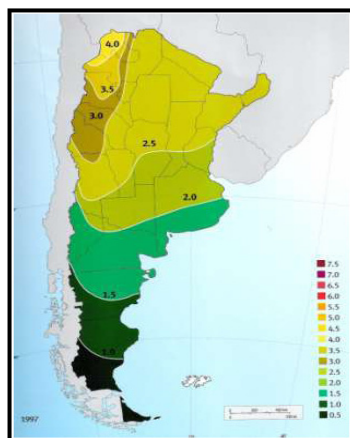
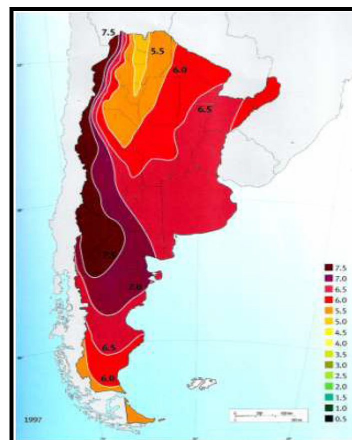


Figura III.5.2
Distribución promedio de radiación global diaria mes de enero *(kwh/m²)*



Fuente: Elaboración propia.

En virtud de lo observado, la Provincia de San Juan es un lugar muy propicio en la incorporación de generación eléctrica en base al recurso solar, tanto a nivel de centrales de generación como a pequeña escala a nivel de distribución (generación distribuida).

Ello se motiva en diversos factores técnicos, económicos y ambientales, entre los cuales se puede citar: el avance tecnológico, la preservación del medioambiente, la creciente necesidad de contar con un suministro de energía eléctrica altamente confiable y con adecuados niveles de calidad y la reducción de las pérdidas de transporte y distribución.

C. Estado del arte de las reglamentaciones actuales

Dado los recursos que presenta la Argentina en el contexto de la energía solar FV, se vienen emprendiendo iniciativas y políticas tendientes a introducir tecnologías de generación solar, que por su carácter modular van despertando y haciendo crecer el interés en el país.

En Argentina, la reciente reglamentación de la Ley 26190/06 (aprobada por Decreto PEN Nº 562/09), establece un régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía que abre interesantes perspectivas para la incorporación de centrales de potencia. Se establece como objetivo lograr «una contribución de las fuentes de ER hasta alcanzar el 8% del consumo de energía eléctrica nacional, en el plazo de 10 años a partir de la puesta en vigencia del presente régimen». Se define un conjunto de beneficios impositivos aplicables a las nuevas inversiones en emprendimientos de producción de energía eléctrica, así como la remuneración a pagar por cada kilovatio hora (kWh) efectivo generado por las diferentes fuentes ofertadas que vuelquen su energía en el Mercado Eléctrico mayorista (MEM) o estén destinadas a la prestación de servicio público.

Precisamente en la Provincia de San Juan se ha venido gestando, a partir de 2008, el Proyecto Solar San Juan, a través de la iniciativa del Gobierno Provincial y con el apoyo del Gobierno Nacional. Este Proyecto pretende establecer en San Juan las condiciones para la formación de un proceso integral de mediano plazo que permita el desarrollo de la tecnología FV en todos sus tópicos [2]. Entre los objetivos específicos se citan:

a) establecer la fabricación de paneles solares FV en San Juan, con una gran integración vertical, que incluya todas las etapas productivas, desde la extracción y obtención de la materia prima estratégica, el silicio calidad solar, la obtención de celdas FV y hasta la propia fabricación de los paneles solares listos para ser utilizados;
b) desarrollar regionalmente proyectos de generación solar FV de distinta envergadura que aseguren la utilización sostenida de los productos fabricados;
c) promover la instalación de paneles FV en el sector residencial, comercial e industrial y la instalación de centrales de generación FV para la provisión de energía eléctrica;
d) promover la adquisición de *know-how*, la investigación y desarrollo en energía solar, y
e) adecuar el marco legal y regulatorio que permitan el uso creciente de energía solar.

El Proyecto Solar San Juan tiene como base la disponibilidad, entre otros, de los siguientes recursos:

a) recurso materia prima (cuarzo para silicio de buena calidad);
b) recurso solar (alta radiación y muchas horas al día de sol);
c) recurso territorial (grandes superficies disponibles para emprendimiento), y
d) infraestructura y recursos humanos especializados.

En varios países que están a la vanguardia en este tipo de aplicaciones, se han establecido Planes de Fomento de las Energías Renovables que en general fijan, como una de las metas, la promoción u obligatoriedad del uso de la misma en determinados porcentajes a través de Planes y Leyes Gubernamentales. En Argentina se ha comenzado incipientemente con ello y en San Juan ya se ha elaborado una Ley de Fomento para las Energías Renovables, potenciando el uso de Energía Solar. Siendo la tecnología FV uno de los usos de la energía solar para producir energía eléctrica; es necesario seguir profundizando, realizando y adecuando todas las normativas legales y regulatorias; etapa que se viene desarrollando en el marco del proyecto Solar San Juan.

En la figura 3 se puede observar un esquema de las etapas generales con que cuenta el «Proyecto Solar San Juan». La idea es, en el mediano plazo, ir construyendo la cadena completa de valor agregado comenzando desde los extremos. Por una parte, en un extremo se cuenta con una industria que produce silicio grado metálico a partir del cuarzo, elemento base para la producción de las celdas fotovoltáicas. Por el otro extremo y a modo de adquirir experiencia con las distintas tecnologías existentes en el mercado, se está a punto de inaugurar una Central Fotovoltaica de 1,2 MW piloto, la primera en Argentina y América Latina de esta magnitud. La misma permitirá evaluar distintas tecnologías (de silicio monocristalina; de policristalino y de silicio amorfo), así como distintos seguimientos del Sol (fijas, movimientos en un eje y en dos ejes de seguimiento).

Asimismo, en la provincia, se han adjudicado por parte del Gobierno Nacional (Programa GENREN), dos proyectos para la construcción de centrales solares FV, totalizando una potencia instalada de 20 MW conectada a la red eléctrica, y que volcarán su producción al Sistema Interconectado Nacional (SIN).

Figura III.5.3
Etapas generales del proyecto solar San Juan de mediano plazo



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar, una etapa complementaria a la generación de energía mediante centrales FV conectadas a red y reconocida como agente del mercado eléctrico, es investigar y avanzar en la instalación de paneles FV en el sector residencial, comercial e industrial a modo de generación distribuida en la red perteneciente a una empresa distribuidora, siendo esta etapa la que se pretende analizar en el presente trabajo.

D. Metodología del análisis técnico

La metodología utilizada para el análisis fue dividida en distintas etapas (véase la figura 4). Se evaluaron parámetros técnicos como son los niveles de pérdidas de transmisión y niveles de tensión planteando diversos escenarios que simulan distintos niveles de generación FV y dispersión geográfica. Como primer paso, por una parte, se analiza como es el comportamiento horario de los consumos de las viviendas residenciales para las diferentes bandas tarifarías existentes en la Provincia de San Juan. Por otra parte, se definieron alternativas de generadores solares FV a instalar y se estratificó su comportamiento horario para distintos valores de potencia a considerar, haciendo uso del cálculo de la energía producida por los mismos. Una vez modelada la demanda y la generación se plantearon diversos escenarios considerando las estaciones del año, tipo de día y distintos niveles de dispersión geográfica y de potencia de generación. Luego se realiza la modelación a través del uso de la herramienta computacional «DigSILENT Power Factory», sobre la red de distribución en BT perteneciente a un barrio de la ciudad de Caucete en la Provincia de San Juan. Finalmente se obtiene como varían los niveles de tensión y pérdidas de energía debido a la introducción de los sistemas FV en la red de distribución modelada. A estos efectos se realizaron corridas de flujo de potencias para cada uno de los escenarios planteados y de los escalones de la curva de generación (un total de 700 casos). Finalmente se recolecta toda la información para la realización de la evaluación técnica planteada [3].

Figura III.5.4
Metodología del análisis técnico

Datos de partida
Campaña de medición
Radiación solar
Mediciones cada 15 minutos
Mediciones en forma horaria
Categoría de bandas tarifarias
T1-R1 ≤ 220 kWg/bim
T1-R2 ≥ 200 kWh/bim y < 580 kWh/bim
T1-R3 ≥ 580 kWh/bim.
Configuración del sistema FV
- Orientación: 0° norte
- Inclinación: 30° (fija)
- Separación de las filas
Estimación de la energía generada
Modelación de la demanda
Curva típica de carga diaria
Condiciones modeladas
Estaciones
* Invierno
* Verano
TIpo de día:
* Día hábil
* Día no hábil
Modelación de la generación
Energía estimada
Planteo de escenarios
Se plantearon 140 escenarios para las variables consideradas, de "Estación del año" * Tipo de día * Nivel de penetración Nivel de dispersión
Modelación de la red
La red conformada por:
22 usuarios T1-R1
75 usuarios T1-R2
20 usuarios T1-R3
MT BT Trafo. Nodo 1 C1 C2 FV
Evaluación técnica
Se evalúa el impacto en las pérdidas, niveles de tensión y niveles de penetración
Resultados obtenidos

Fuente: Elaboración propia.

1. Análisis de la demanda del sector residencial

En esta etapa se trabajó con los datos relevados a partir de una campaña de medición realizada en la Provincia de San Juan durante un año sobre una muestra representativa de usuarios residenciales, con el fin de determinar el comportamiento de los consumos que presentan los usuarios del sector residencial, agrupados por bandas de consumo de acuerdo con el régimen tarifario que rige en la provincia. Se determinaron curvas de carga típicas y sus principales parámetros.

a) Bandas de tarifas existentes

Los usuarios del sector residencial, en la Provincia de San Juan, se encuentran agrupados en las siguientes categorías (bandas) tarifarias:

a) Tarifa T1-R1 (consumo ≤ 220 kWh bimestrales).
b) Tarifa T1-R2 (consumo > 220 kWh y ≤ 580 kWh bimestrales).
c) Tarifa T1-R3 (consumos > 580 kWh bimestrales).

La tarifa T1 comprende a todos aquellos usuarios de pequeñas demandas, cuya potencia máxima promedio de 15 minutos consecutivos es inferior a 10 kW y, dentro de ella, la Tarifa T1-R a aquellos usuarios cuyo uso final de la energía es exclusivamente residencial.

b) Curvas diarias típicas de carga de los usuarios residenciales

De la campaña de medición realizada a usuarios residenciales (150 usuarios) durante un año completo, se relevaron mediciones cada 15 minutos, tanto de energía como de potencia. A partir de las mismas se determinaron curvas representativas de la modalidad de consumo de estos usuarios para cada una de las bandas de consumos antes mencionadas, para tres estaciones del año: Invierno, Verano y Resto (la estación Resto agrupa Otoño y Primavera por presentar características similares) y por tipo de día (hábil, semi-hábil —sábado— y no hábil —domingos y días feriados—). Las curvas medias de los usuarios de cada subcategoría se obtuvieron promediando los valores de potencia de los distintos usuarios correspondientes a esa subcategoría.

En los gráficos III.5.3, III.5.4 y III.5.5 se presentan las curvas de consumo típicas por tipo de usuario correspondiente a las Tarifas T1–R1, T1–R2 y T1–R3, para la estación de verano y los distintos tipos de días de la semana. De igual forma se hicieron para las otras estaciones [4].

Se observa que las demandas máximas medias típicas alcanzan valores de 0,248 kW, 0,548 kW y 0,959 kW para las tarifas T1–R1, T1–R2 y T1–R3 respectivamente. En el cuadro III.5.1 se observan los valores de energía típica diaria consumida por estación y tipo de día para cada banda tarifaria.

Cuadro III.5.1
Valores de energía típica diaria consumida por banda tarifaria y estaciones
(En kWh)

	Invierno			Resto			Verano		
Tarifa	**Energía día hábil**	**Energía día semi-hábil**	**Energía día no hábil**	**Energía día hábil**	**Energía día semi-hábil**	**Energía día no hábil**	**Energía día hábil**	**Energía día semi-hábil**	**Energía día no hábil**
T1-R1	2 954	2995	2 607	2 887	3 096	2 685	3 549	3 648	3 192
T1-R2	6 948	7 242	6 708	6 322	6 607	6 445	7 710	7 775	7 583
T1-R3	16 942	17 085	16 142	12 789	13 130	12 794	18 218	17 094	16 310

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico III.5.3
Curvas diarias típicas de carga
(Tarifa T1–R1-Verano)

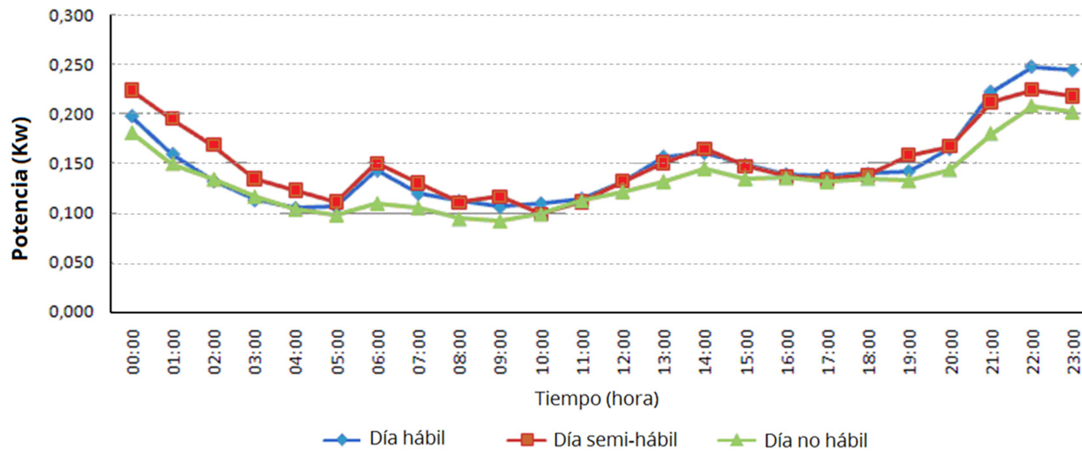


Gráfico III.5.4
Curvas diarias típicas de carga
Tarifa T1–R2-Verano

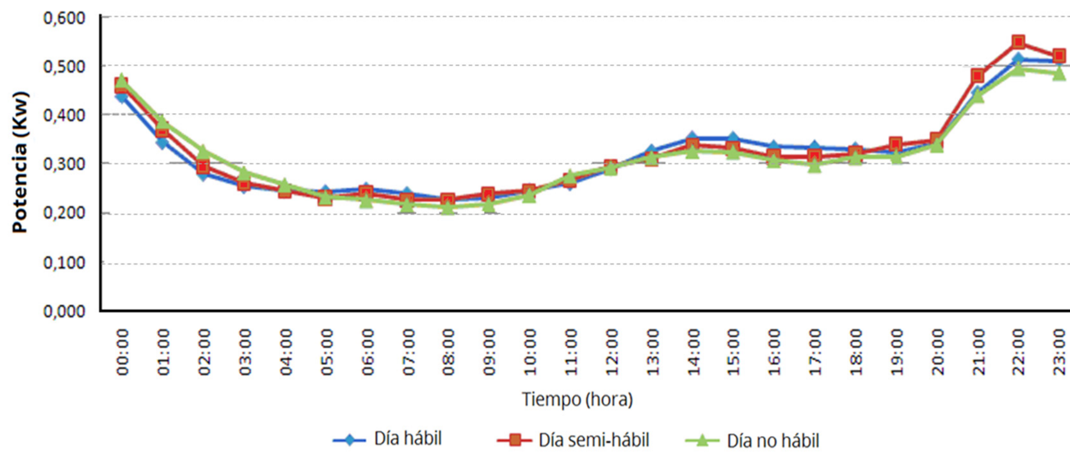
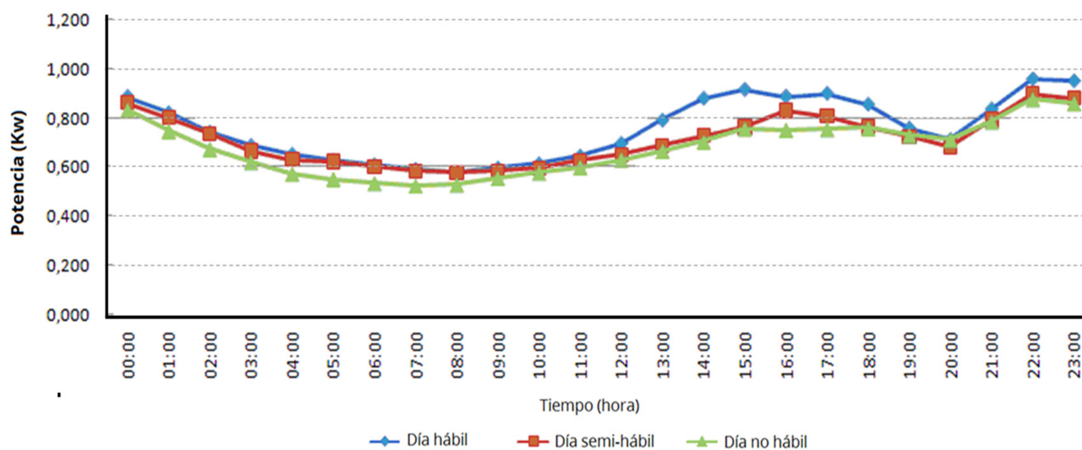
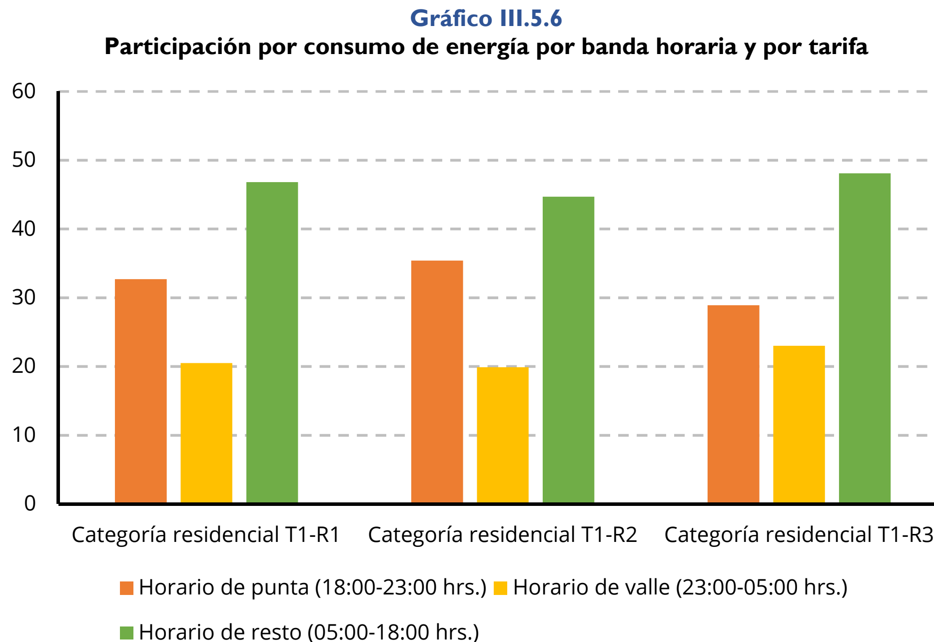


Gráfico III.5.5
Curvas diarias típicas de carga
(Tarifa T1–R3-Verano)



En el gráfico III.5.6 se observan los porcentajes de participación por consumo de energía registrados por banda horaria para las categorías residenciales T1–R1, T1–R2 y T1–R3, para el horario de punta (18–23hs), valle (23–5hs) y resto (5–18hs).

Gráfico III.5.6
Participación por consumo de energía por banda horaria y por tarifa



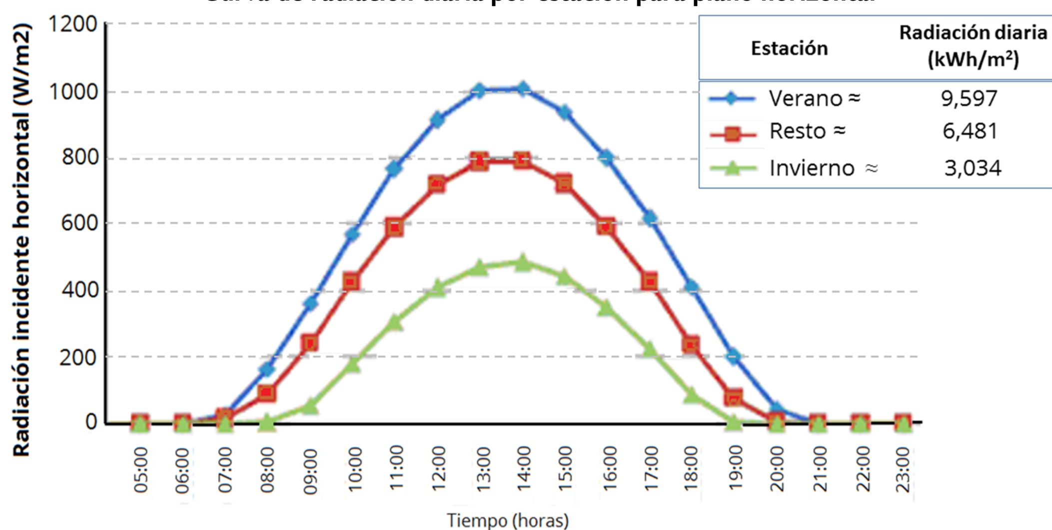
2. Análisis de la generación de energía fotovoltaica

Para representar el comportamiento de la producción de energía FV, se adoptó una modelación horaria.

2.1. Radiación solar (H) y horas solares pico (HSP)

Los datos de radiación solar horaria se obtuvieron de mediciones realizadas en una estación meteorológica ubicada en el Instituto de Energía Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de San Juan. La radiación sobre la superficie es función de diversos parámetros: orientación e inclinación de la superficie, latitud del lugar (San Juan 31,5° Sur), día del año, hora del día, estado climático y sombras externas. En el gráfico III.5.7 se observan las curvas de radiación diaria promedio obtenidas para las tres estaciones del año definidas, a través de mediciones registradas durante un período de cinco años [5].

Gráfico III.5.7
Curva de radiación diaria por estación para plano horizontal



Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar que la intensidad de radiación se distribuye siguiendo la forma aproximada de una normal y con su máximo en el período entre las 13 y 14 horas, puesto que al mediodía es cuando más alto se encuentra el sol y por lo tanto mayor es la irradiancia sobre el plano horizontal.

Para la determinación de las horas solares pico (HSP) se analizaron los datos de radiación solar global que incide sobre un m² de superficie horizontal en un día medio para las estaciones de Invierno, Verano y Resto. Siendo HSP el término que determina el número de horas que el panel recibe una irradiancia constante de 1.000 [W/m²], se puede calcular a partir de la ecuación (1):

$$HSP = \frac{k \times H}{1000} \quad \left[\frac{Wh/m^2}{W/m^2} = h \right] \qquad (1)$$

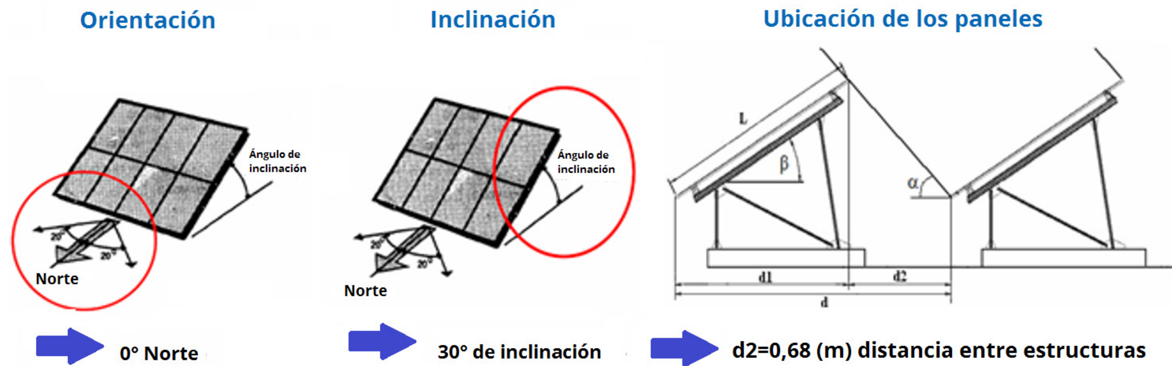
donde H es la radiación solar horaria que incide sobre un m² de superficie en el plano horizontal y k es el factor de corrección por inclinación de los paneles.

b) Configuración del sistema fotovoltaico

Con respecto al sistema FV se determinó la posición fija de los paneles a fin de obtener el mejor aprovechamiento de la radiación solar anual en la provincia de San Juan. Así, resultó una ubicación de los paneles a cero grados hacia el Norte y una inclinación fija óptima de los mismos de 30º con respecto a la horizontal. También se determinó la separación mínima entre filas de paneles, de tal forma que, en los horarios de proyección de sombras más largas del día más desfavorable del período de utilización, la sombra de la arista superior de una fila se proyecte, como máximo, sobre la arista inferior de la fila siguiente (véase la figura III.5.5).

Asimismo, se estimó el rendimiento del sistema FV teniendo en cuenta los factores que afectan la instalación (sombra, polución ambiental, incremento de temperatura ambiente, pérdidas en conductores, rendimiento del inversor, dispersión de parámetros en módulo). Para el caso de San Juan el rendimiento del sistema varía entre 0,72 y 0,77.

Diagrama III.5.5
Sistema fotovoltáico: parámetros físicos adoptados



4.2.3. Estimación de la energía generada

En función de lo descripto anteriormente, la energía producida diariamente por un sistema FV se puede expresar como el producto de tres factores independientes como lo muestra la Ecuación (2) siguiente:

$$E_g = P \times HSP \times \eta \quad [kWh/día] \qquad (2)$$

donde: P es la potencia nominal, o potencia máxima que entrega el generador en las denominadas condiciones estándar de medida kWp (1.000 W/m^2) de irradiancia, una temperatura de 25ºC y una masa de aire espectral de 1,5 (AM)), HSP es el número de horas solares pico y η representa el rendimiento de la instalación FV completa.

Para la estimación de la energía generada se evaluaron cinco casos de potencia a instalar sobre cada vivienda unifamiliar: 1–1,5–2–3 y 3,8 kWp. Este último se definió sobre la base de la superficie de techo disponible en una casa tipo de los Planes de Viviendas que construye el Instituto Provincial de la Vivienda (IPV), la que alcanza a 55 m^2.

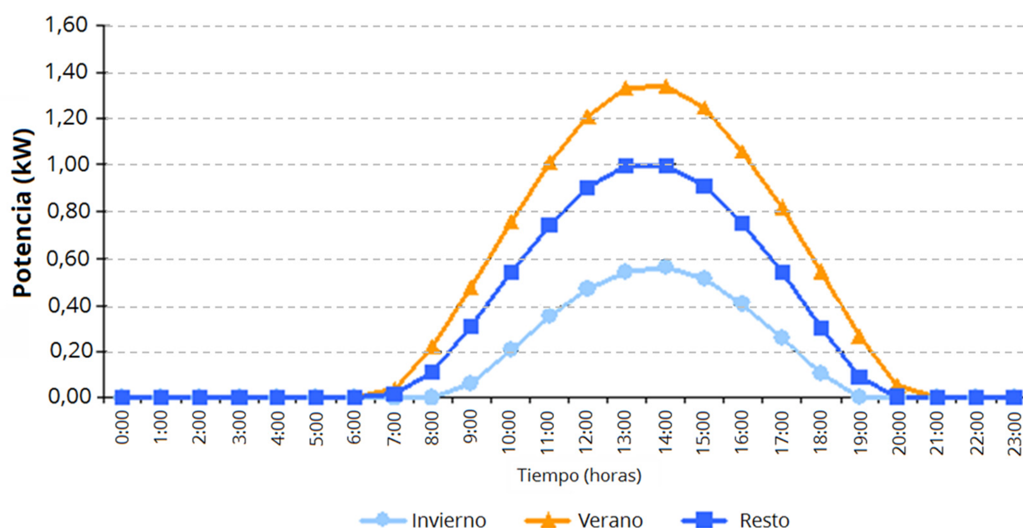
En función de lo antes indicado se puede observar las estimaciones de producción de energía eléctrica medias diarias para las estaciones de verano, invierno y Resto, con una potencia pico instalada de 1,5 kWp (véanse el gráfico III.5.8 y el cuadro III.5.2). Asimismo, se muestra la cantidad de HSP, el factor de corrección por inclinación y el rendimiento por estación.

En el cuadro III.5.3 se resumen las energías medias diarias calculadas para cada estación del año y la correspondiente anual para cada potencia pico analizada. Se han supuesto 120 días en verano, 90 días en invierno y 155 días en Resto.

Adicionalmente se analizó un sexto caso de potencia a instalar donde la misma se define considerando que se generará como máximo hasta la curva de mínima demanda, en el período de menor consumo (valor mínimo, en horario de máxima generación, de la curva de demanda típica correspondiente a la estación de menor consumo). Es decir, no se consideran excedentes de generación para inyección a la red de distribución.

En los gráficos III.5.9, III.5.10 y III.5.11 se muestran, como ejemplo, las curvas correspondientes para la Tarifa T1–R1, T1–R2 y T1–R3 para los distintos tipos de días y la estación verano, así como las de energía generada máxima en esta estación, considerando que no existen excedentes para inyectar a la red.

Gráfico III.5.8
Energía generada estimada para una potencia de 1,5
(En kWp)



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro III.5.2
Estimación de la energía diaria generada en las estaciones de invierno, verano y resto para una potencia instalada de 1,5
(En kWp)

	Energía Estimada en Invierno			Energía Estimada en Verano			Energía Estimada en Resto		
Horas	Radiación Incli. (Wh/m²)	HSP	Eg [kWh]	Radiación Incli. (Wh/m²)	HSP	Eg [kWh]	Radiación Incli. (Wh/m²)	HSP	Eg [kWh]
0:00	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000
1:00	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000
2:00	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000
3:00	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000
4:00	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000
5:00	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,01	0,00	0,000
6:00	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,04	0,00	0,000
7:00	0,00	0,00	0,000	33,84	0,03	0,037	13,78	0,01	0,015
8:00	0,92	0,00	0,001	201,45	0,20	0,218	97,72	0,10	0,108
9:00	54,30	0,05	0,062	442,43	0,44	0,478	272,91	0,27	0,303
10:00	181,18	0,18	0,207	699,18	0,70	0,755	482,17	0,48	0,535
11:00	307,81	0,31	0,352	939,17	0,94	1,014	670,89	0,67	0,745
12:00	410,33	0,41	0,470	1121,61	1,12	1,211	815,64	0,82	0,905
13:00	474,42	0,47	0,543	1231,36	1,23	1,330	895,71	0,90	0,994
14:00	488,41	0,49	0,559	1239,67	1,24	1,339	898,19	0,90	0,997
15:00	446,71	0,45	0,511	1150,97	1,15	1,243	820,85	0,82	0,911
16:00	352,94	0,35	0,404	979,73	0,98	1,058	674,35	0,67	0,749
17:00	223,60	0,22	0,256	756,57	0,76	0,817	481,69	0,48	0,535
18:00	88,69	0,09	0,102	503,58	0,50	0,544	267,80	0,27	0,297
19:00	5,02	0,01	0,006	244,90	0,24	0,264	84,16	0,08	0,093
20:00	0,00	0,00	0,000	52,77	0,05	0,057	5,14	0,01	0,006
21:00	0,00	0,00	0,000	0,08	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000
22:00	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000
23:00	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,000
Energía generada diaria [kWh]			3,473			10,365			7,194
Potencia pico instalada [Wp]			1500			1500			1500
Factor de corrección por inclinación			1,01			1,23			1,14
Rendimiento del sistema			0,763			0,72			0,74
Horas solares pico diarias			3,03			9,60			6,48

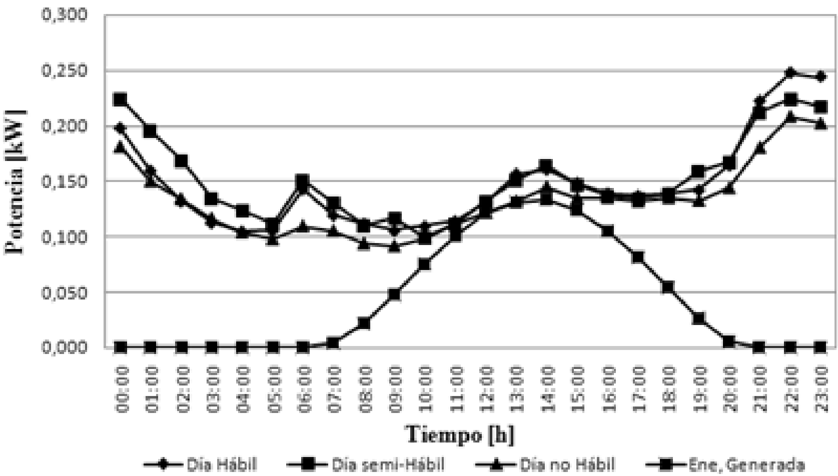
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro III.5.3
Valores de energía media diaria por estación y anual generada, de acuerdo con la potencia instalada
(En kWh)

Potencia instalada (kWp)	Energía generada diaria (kWh/día)			Energía generada anual (kWh/año)
	Verano	Invierno	Resto	Año
1	6 910	2 315	4 796	1 780 930
1,5	10 365	3 473	7 194	2 671 440
2	13 820	4 630	9 592	3 561 860
3	20 730	6 946	14 388	5 342 880
3,8	26 258	8 798	18 255	6 767 655

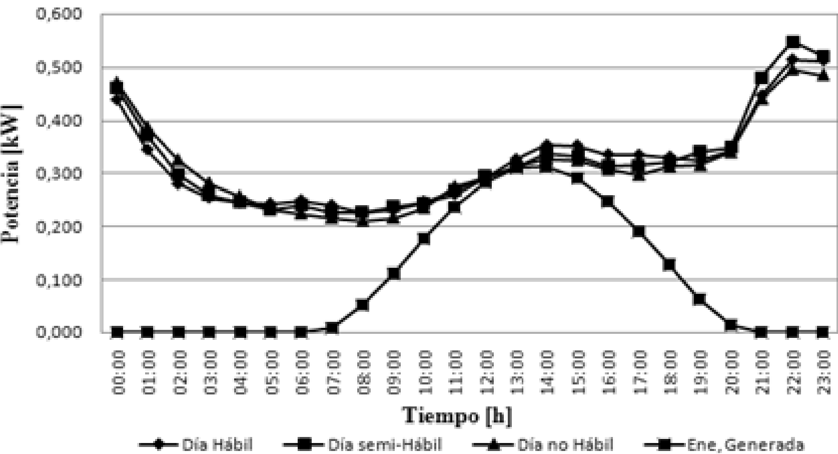
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico III.5.9
Energía consumida en comparación con energía generada Verano tarifa T1–R1, sin inyección a la red



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico III.5.10
Energía consumida en comparación con energía generada Verano tarifa T1–R2, sin inyección a la red



Fuente: Elaboración propia.

Bajo esta hipótesis resulta que las potencias instaladas máximas recomendables para las tarifas T1–R1, T1–R2 y T1–R3 son respectivamente 150 Wp, 350 Wp y 750 Wp en verano. En las estaciones de invierno y Resto, las instalaciones estarán sobredimensionadas, pero en función de los valores de radiación disponibles, no superarán la potencia mínima de las curvas de carga, por lo tanto, quedan definidas las citadas potencias para todo el año.

En el cuadro III.5.4 se muestran las potencias máximas recomendadas a instalar, considerando que no existen excedentes para inyectar a la red, como así la energía media generada diaria por estación y anual por sector tarifario residencial.

3. Modelación de las fuentes de generación y curvas de demanda resultantes en los puntos de inyección

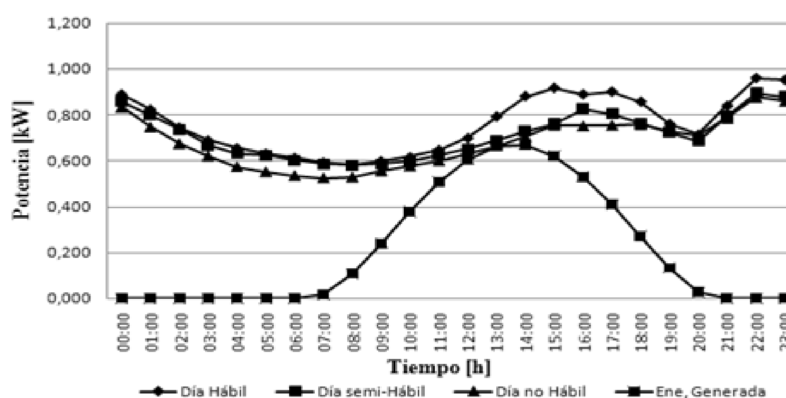
Las fuentes de generación FV se modelaron como elementos monofásicos que inyectan potencia activa a la red (operando a factor de potencia unitario).

En el modelo de análisis de redes utilizado se introduce la potencia activa generada por el sistema FV como una potencia activa negativa. De esta forma la potencia a inyectar desde/hacia la red en cada uno de los nodos (punto de conexión) que posee una fuente de generación FV, resulta como la suma algebraica entre la potencia demandada por el usuario y la potencia generada por la fuente FV.

Gráfico III.5.11

Energía consumida en comparación con la energía generada, Verano

(Tarifa T1–R3, sin inyección a la red)



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro III.5.4

Valores de energía generada diaria, por estación y total anual

(En kWh/día-año)

Tarifa	Potencia instalada (Wp)	Energía generada diaria (kWh/día)			Energía generada (kWh/año)
		Verano	Invierno	Resto	Año
T1–R1	150	1 037	0,347	0,719	267 143
T1–R2	350	2 419	0,810	1 679	623 333
T1–R3	750	5 183	1 736	3 597	1 335 715

Fuente: Elaboración propia.

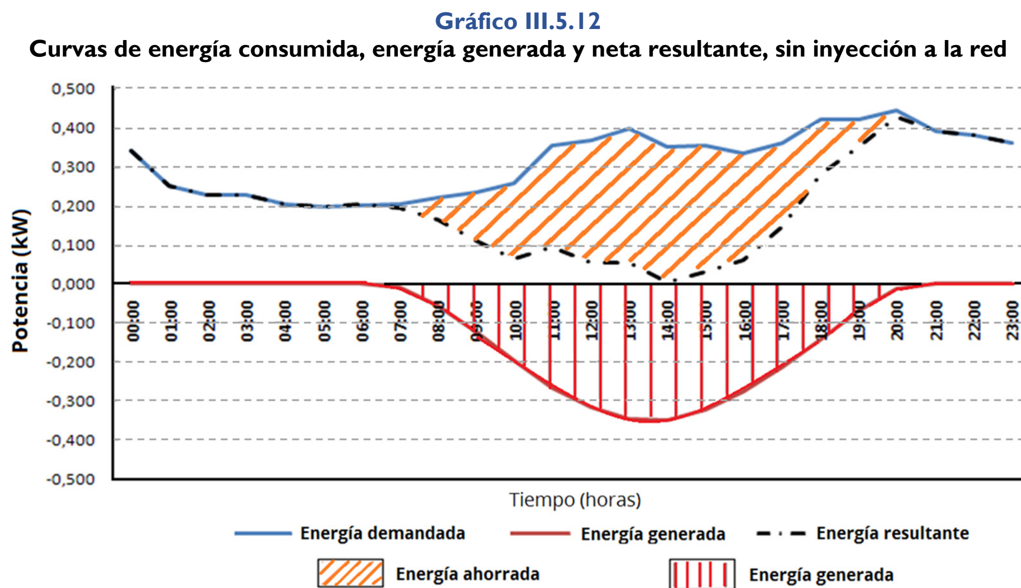
En el gráfico III.5.12 se muestra la curva de demanda típica de un usuario, la curva de generación modelada y la curva neta resultante como la suma entre ambas, correspondiente a un usuario de la tarifa T1–R2 con una potencia instada de 350 Wp, para el caso que no existan excedentes para inyectar a la red. Se aprecia la diferencia en la inyección de energía desde la red lo que se traduce en una disminución de la energía generada por las centrales convencionales y de la energía circulante por las redes de transmisión y distribución.

Para la situación que considera entregar el excedente de energía a la red las curvas correspondientes, un usuario perteneciente a la tarifa T1–R1 con una potencia instalada de 1 kWp (véase el gráfico III.5.13). Se observa que en los horarios de mayor generación FV, el excedente de energía es inyectado a

3.1. Modelado de la red a analizar

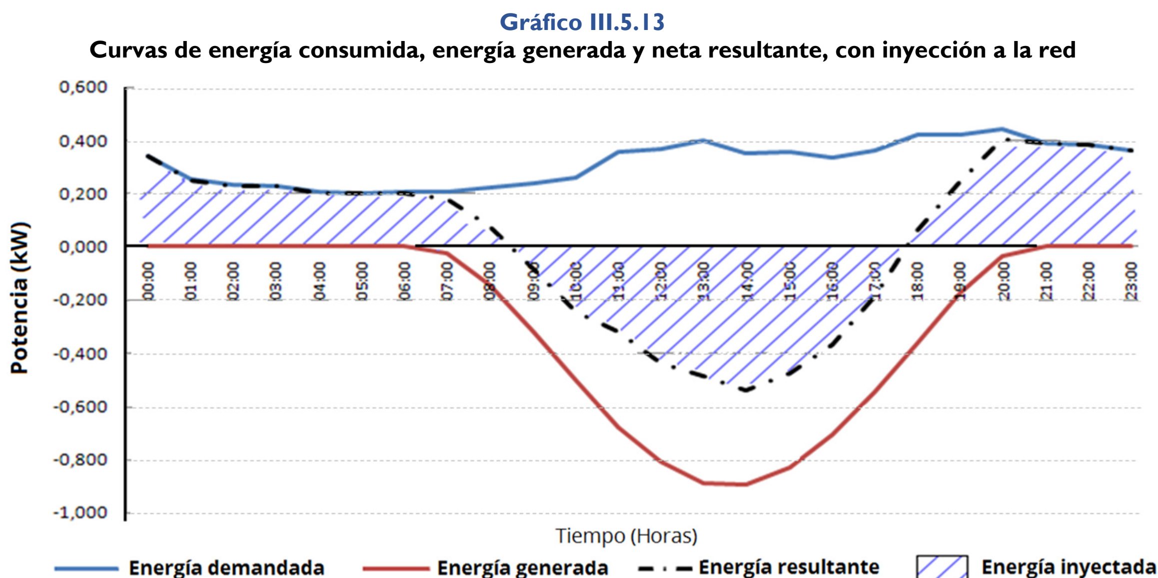
Se utilizó como sistema base la red de BT correspondiente al barrio Marayes, de 117 viviendas, ubicado en la localidad de Caucete, Provincia de San Juan, y abastecido por la empresa Distribuidora Eléctrica de Caucete, Sociedad Anónima (DECSA). En la figura III.5.6, se puede apreciar el diagrama unifilar de la red en estudio. La red es operada en los niveles de tensión de 380/220 V y se vincula al resto del sistema mediante una subestación MT/BT 13,2/0,38 kV. La distribución geográfica de los usuarios y parámetros de la red corresponden con los datos reales.

Gráfico III.5.12
Curvas de energía consumida, energía generada y neta resultante, sin inyección a la red



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico III.5.13
Curvas de energía consumida, energía generada y neta resultante, con inyección a la red



Fuente: Elaboración propia.

4. Metodología de cálculo

a) Indicadores de integración

A efectos de simular la incorporación de sistemas FV en la red y tener en cuenta distintas situaciones en cuanto a la potencia en sistemas FV introducidos y su dispersión geográfica, se utilizaron dos factores: Nivel de Penetración (NP) y Nivel de Dispersión (ND). El NP está relacionado con la cantidad de potencia FV a instalar. Los NP utilizados corresponden con los módulos de potencia de generación FV a instalar por vivienda: 1–1,5–2–3 y 3,8 kWp de acuerdo con lo detallado en el apartado 4.2.3. Asimismo, también se consideró aquel caso cuya potencia instalada máxima se condice con la situación de no inyección a la red.

Por otra parte, el ND es el cociente entre el número de viviendas en las cuales hay fuentes de generación distribuida y el número de viviendas de la red. Se trabajó con cinco escenarios con ND del 0-5–10–20 y 40%, resultando una cantidad de 0, 6, 12, 23 y 47 viviendas respectivamente.

b) Escenarios analizados

A partir de las variables consideradas se plantearon 140 escenarios de acuerdo con las siguientes consideraciones:

a) estación del año: verano e invierno (correspondientes a la situación de mayor y menor generación FV);
b) tipo de día: hábil y no hábil (días en que los usuarios presentan mayor y menor consumo diario);
c) nivel de Penetración (NP): siete casos (situación inicial sin generación FV, caso sin excedente a inyectar en la red, potencias FV instaladas de 1–1,5–2–3 y 3,8 kWp, y
d) nivel de Dispersión (ND): cinco casos (0–5–10–20 y 40%).

Para cada escenario se consideraron diversas situaciones relacionadas a distintos horarios (magnitudes) de generación FV. Se definieron cinco simulaciones (escalones) correspondientes a:

a) horario de inicio de generación FV (este horario es distinto de acuerdo con la estación);
b) mediodía: 12:00 horas;
c) hora de mayor generación: 14:00 horas;
d) media tarde: 16:00 horas, y
e) horario de fin de generación FV (este horario es distinto de acuerdo con la estación).

Considerando los escenarios planteados y los escalones en que se subdividió la curva de generación, se realizaron 700 simulaciones que permitieron caracterizar detalladamente el problema a analizar. La información resultante de cada simulación fue agrupada y procesada para obtener los resultados que se muestran en la sección 6 del presente artículo.

5. Resultados de las simulaciones

El objetivo de este punto es mostrar como varían los niveles de tensión y pérdidas de energía debido a la introducción de los sistemas FV en la red de distribución modelada. A estos efectos se realizaron corridas de flujo de potencia para cada uno de los escenarios planteados y de los escalones de la curva de generación definidos (un total de 700 casos).

Se utilizó como herramienta computacional el software «DigSILENT Power Factory» el cual contiene diversas herramientas de modelación, utilizándose en este caso particular el flujo de potencia. Los datos de la red, característica de la demanda y de la generación fueron procesados de acuerdo con lo indicado en los puntos anteriores y cargados en el software. Se detallan a continuación los resultados obtenidos para las variables consideradas en este análisis (pérdidas y niveles de tensión), a fin de determinar los niveles óptimos de penetración y dispersión en el sistema estudiado.

a) Variación del nivel de pérdidas de transmisión

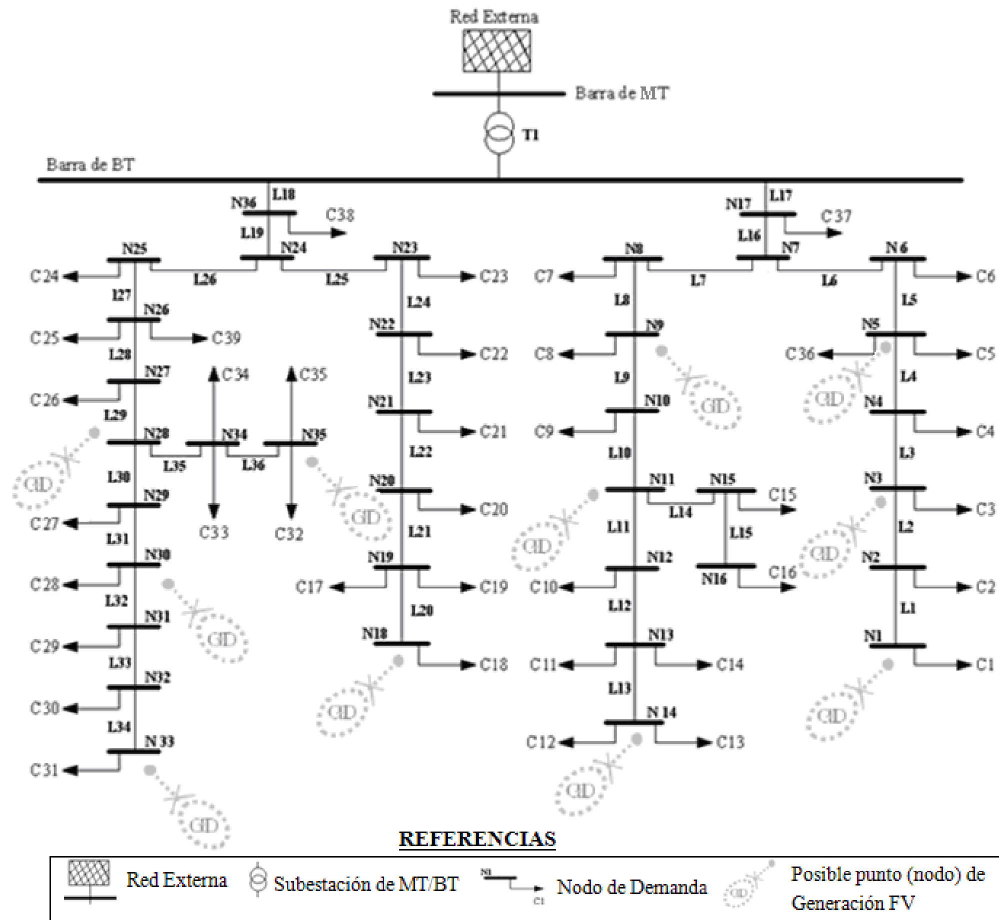
En este punto se muestra como varía el nivel de pérdidas de transmisión en el sistema analizado ante la simulación de distintas combinaciones entre los ND y NP. El gráfico III.5.14 muestra el comportamiento resultante de las pérdidas de energía anuales del sistema, evaluada en los cinco horarios de simulación, para los distintos NP y ND planteados. Asimismo, en el cuadro III.5.5 se resume la reducción de pérdidas obtenida para los distintos tipos de día y estaciones del año, como, asimismo, el correspondiente valor anual.

Los cálculos realizados permiten encontrar la combinación de ND y NP óptima desde el punto de vista de las pérdidas, es decir aquel escenario que minimiza las pérdidas globales del sistema estudiado.

El escenario más conveniente resulta de la combinación del nivel de penetración que corresponde a una potencia instalada de 1,5 kWp (NP III) y a un nivel de dispersión del 40% (ND 40%), esto es la colocación de sistemas FV en 47 viviendas del conjunto habitacional analizado.

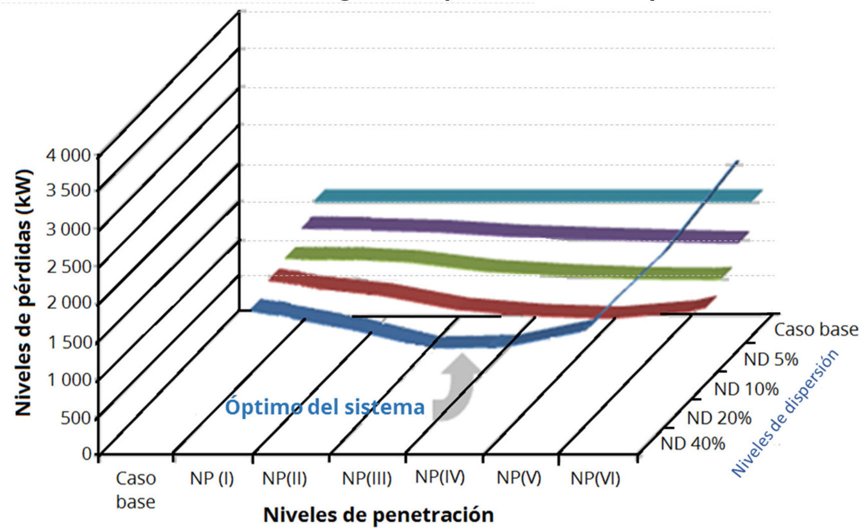
Los resultados presentados fueron obtenidos sobre la red ejemplo real y con la demanda representada mediante curvas típicas de los usuarios actuales. Dado que el barrio es pequeño y nuevo, la red (construida con las secciones mínimas técnicamente usuales) se encuentra sobredimensionada con respecto a la demanda actual. En el cuadro III.5.5 solo se ha cuantificado la disminución de pérdidas en la red de distribución en BT y no en niveles superiores.

Figura III.5.6
Diagrama unifilar de la red de referencia



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico III.5.14
Pérdida de energía anual para distintos ND y NP



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro III.5.5
Disminución de pérdidas resultante

Ahorro energético de las pérdidas diarias		Pérdidas activas (kWh)	Pérdidas reactivas (kVArh)
Invierno	Día hábil	3,06	2,30
	Día semi-hábil	2,77	2,08
	Día no hábil	2,47	1,85
Verano	Día hábil	3,90	3,38
	Día semi-hábil	3,42	3,02
	Día no hábil	2,84	2,66
Resto	Día hábil	3,53	2,84
	Día semi-hábil	3,09	2,55
	Día no hábil	2,66	2,26
Ahorro energético de las pérdidas anuales		1 212,37	986,49

Fuente: Elaboración propia.

b) Variación de los niveles de tensión

En sistemas radiales el perfil de tensión presenta un comportamiento monótono decreciente desde el Centro de Transformación MT/BT (CT MT/BT). Con la incorporación de los sistemas FV se puede observar que, a medida que se integran más unidades de generación FV (nivel de penetración), las tensiones aumentan desde el valor inicial que presenta la red, sin la incorporación de generación FV. El comportamiento resultante de los niveles de tensión en las tres fases de la barra de BT del CT MT/BT para los distintos escenarios planteados se presenta en el cuadro III.5.6.

Cuadro III.5.6
Fases R: niveles de tensión resultantes

Invierno Día Hábil	Fase R [pu]							Fase S [pu]							Fase T [pu]						
ND 40 %	0,99	0,99	0,992	0,993	0,993	0,994	0,994	0,99	0,99	0,991	0,992	0,992	0,992	0,993	0,99	0,99	0,992	0,993	0,993	0,993	0,994
ND 20 %	0,99	0,99	0,992	0,992	0,992	0,992	0,993	0,99	0,99	0,991	0,991	0,991	0,992	0,992	0,99	0,99	0,992	0,992	0,992	0,993	0,993
ND 10 %	0,99	0,99	0,992	0,992	0,992	0,992	0,992	0,99	0,99	0,991	0,991	0,991	0,991	0,991	0,99	0,99	0,992	0,992	0,992	0,992	0,993
ND 5 %	0,99	0,99	0,992	0,992	0,992	0,992	0,992	0,99	0,99	0,991	0,991	0,991	0,991	0,991	0,99	0,99	0,992	0,992	0,992	0,992	0,992
ND 0 %	0,99	0,99	0,992	0,992	0,992	0,992	0,992	0,99	0,99	0,991	0,991	0,991	0,991	0,991	0,99	0,99	0,992	0,992	0,992	0,992	0,992
Invierno Día No Hábil	Fase R [pu]							Fase S [pu]							Fase T [pu]						
ND 40 %	0,99	0,99	0,992	0,993	0,993	0,994	0,994	0,99	0,99	0,992	0,992	0,993	0,993	0,994	0,99	0,99	0,993	0,993	0,993	0,994	0,994
ND 20 %	0,99	0,99	0,992	0,992	0,992	0,993	0,993	0,99	0,99	0,992	0,992	0,993	0,993	0,993	0,99	0,99	0,993	0,993	0,993	0,993	0,993
ND 10 %	0,99	0,99	0,992	0,992	0,992	0,992	0,992	0,99	0,99	0,992	0,992	0,992	0,992	0,992	0,99	0,99	0,993	0,993	0,993	0,993	0,993
ND 5 %	0,99	0,99	0,992	0,992	0,992	0,992	0,992	0,99	0,99	0,992	0,992	0,992	0,992	0,992	0,99	0,99	0,993	0,993	0,993	0,993	0,992
ND 0 %	0,99	0,99	0,992	0,992	0,992	0,992	0,992	0,99	0,99	0,992	0,992	0,992	0,992	0,992	0,99	0,99	0,992	0,992	0,992	0,992	0,992
Verano Día Hábil	Fase R [pu]							Fase S [pu]							Fase T [pu]						
ND 40 %	0,988	0,988	0,989	0,990	0,991	0,992	0,993	0,988	0,988	0,989	0,990	0,991	0,992	0,993	0,988	0,989	0,990	0,990	0,991	0,992	0,993
ND 20 %	0,988	0,988	0,988	0,989	0,989	0,990	0,991	0,988	0,988	0,988	0,989	0,989	0,990	0,991	0,988	0,988	0,989	0,989	0,990	0,990	0,991
ND 10 %	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,989	0,989	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,989	0,989	0,988	0,988	0,989	0,989	0,989	0,990	0,990
ND 5 %	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989
ND 0 %	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,989	0,988	0,988	0,988
Verano Día No Hábil	Fase R [pu]							Fase S [pu]							Fase T [pu]						
ND 40 %	0,988	0,988	0,990	0,990	0,992	0,994	0,995	0,988	0,989	0,990	0,990	0,991	0,993	0,994	0,989	0,989	0,990	0,990	0,991	0,993	0,994
ND 20 %	0,988	0,988	0,988	0,989	0,990	0,990	0,991	0,989	0,989	0,989	0,989	0,990	0,991	0,991	0,989	0,989	0,989	0,990	0,990	0,991	0,991
ND 10 %	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,989	0,990	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989	0,990	0,990	0,990	0,990
ND 5 %	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989	0,990	0,990
ND 0 %	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,988	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989
	Caso Base	NP (I)	NP (II)	NP (III)	NP (IV)	NP (V)	NP (VI)	Caso Base	NP (I)	NP (II)	NP (III)	NP (IV)	NP (V)	NP (VI)	Caso Base	NP (I)	NP (II)	NP (III)	NP (IV)	NP (V)	NP (VI)

Fuente: Elaboración propia.

Los niveles de tensión mínimos se presentan para el caso base (red sin FV) estación de verano, con un valor de 0,988 [pu]. Asimismo, con la incorporación de la generación FV (NP y ND) los niveles de tensión aumentan sus valores alcanzando un máximo igual a 0,995 [pu] para el escenario de ND 40% y NP (VI) en la estación verano (estación de mayor radiación y por lo tanto mayor generación FV).

Para la situación de mínimas pérdidas presentada en el apartado 6.1 se puede apreciar que se mejora sustancialmente el nivel de tensión en la red utilizada como modelo. En el gráfico III.5.15 se muestra el nivel de tensión inicial (sin generación FV) y el resultante con la incorporación de generación FV en una fase de la barra de BT para un día hábil de la estación verano.

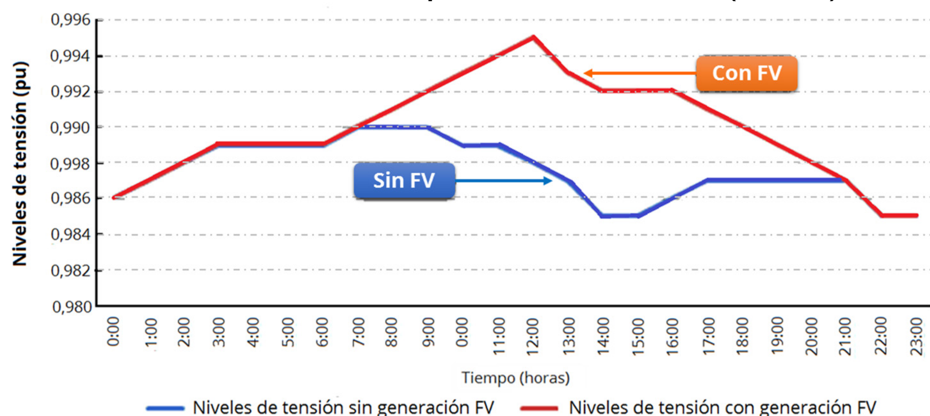
En el cuadro III.5.7 se muestran los niveles de tensión (por unidad) en la barra de BT del CT MT/BT y su variación porcentual, por tipo de día y estación del año, para el caso que presenta la red sin generación FV y con generación FV para el caso óptimo (mínimas pérdidas), presentando un aumento promedio del perfil de tensión de 0,12%.

Cuadro III.5.7
Niveles de tensión resultantes para mínimas pérdidas (ND 40% y NP (III))

Niveles de tensión (pu)			Sin FV	Con FV	Porcentaje
Invierno	Día hábil	Fase A	0,992	0,993	0,07
		Fase B	0,991	0,922	0,05
		Fase C	0,992	0,993	0,05
	Día no hábil	Fase A	0,922	0,993	0,08
		Fase B	0,922	0,992	0,05
		Fase C	0,922	0,993	0,05
Verano	Día hábil	Fase A	0,988	0,990	0,23
		Fase B	0,988	0,990	0,16
		Fase C	0,988	0,990	0,16
	Día no hábil	Fase A	0,988	0,990	0,23
		Fase B	0,988	0,990	0,15
		Fase C	0,989	0,990	0,17

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico III.5.15
Nivel de tensión de la fase r para la estación de verano (día hábil)



Fuente: Elaboración propia.

Como primer análisis se plantea el estudio de la viabilidad económica a partir de la normativa actual que rige en la Argentina (valor de la prima fijada en 0,9 $/kWh–Ley 26.190), con el fin de verificar la conveniencia o no para el usuario si deseara realizar las instalaciones FV en este marco. Para la determinación de la rentabilidad de la instalación, se utilizaron los métodos de valoración de inversiones de la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN), estimando técnicamente razonable para la instalación un horizonte de 25 años considerado como la vida útil.

En este apartado se plantea un análisis de viabilidad económica de los sistemas FV con inserción de energía a la red de distribución, con el objetivo de determinar los posibles valores de las primas y costos de equipamiento que hagan atractivas las inversiones en viviendas del sector residencial de la provincia de San Juan.

6. Estudio económico

a) Variables económicas que intervienen en el análisis

Se evaluaron dos hipótesis: i) una basada en el precio de compra en cantidad de los elementos que integran el sistema, con el valor de 8 U$S/Wp compuesto con paneles de buena calidad con una pérdida de rendimiento de 0,5% anual, y ii) basada en una situación más conservadora suponiendo importar paneles en menor cantidad y de menor calidad (pérdida de rendimiento del 1% anual), con un valor de 12 U$S/Wp. Para los cálculos se consideró una tasa de cambio de 3,89 $/U$S y todos los valores se encuentran expresados en pesos argentinos.

Se consideró como producción anual específica y potencia a instalar en las viviendas, la óptima encontrada en análisis técnico presentado en la sección 4 del presente ensayo, resultante del nivel de penetración óptimo desde el punto de vista de mínimas pérdidas (NP III y ND 40%). En el cuadro III.5.8 se detallan las entradas y salidas de dinero que intervienen en el análisis económico.

En el análisis se considera el financiamiento parcial de la inversión inicial a través de un préstamo bancario con condiciones promocionales. A este fin se asumió un financiamiento del 80% de la inversión del capital inicial a través de un crédito bancario con una tasa de interés del 12% anual. Se supuso que para estos tipos de inversión se aplicarán tasas blandas que sean motivadoras para introducir esta tecnología en el país. Se consideró que la duración del crédito es de 20 años.

b) Escenarios de análisis

Se plantean seis escenarios, en los tres primeros se considera que el usuario será remunerado por toda la energía producida por el sistema FV. En los restantes escenarios (4, 5 y 6) se considera que el usuario será remunerado por el sobrante de energía inyectado a la red eléctrica, después de cubrir el consumo propio, para las distintas categorías tarifarias del sector residencial.

a) escenario actual (valor de la prima fijada en 0,9 $/kWh y valor de los costos de inversión actuales);
b) escenario 1: aumento de la remuneración (prima);
c) escenario 2: reducción de los costos de inversión;
d) escenario 3: aumento de la remuneración en comparación con la reducción de los costos de inversión;

e) escenario 4: aumento de la remuneración (tarifa T1);
f) escenario 5: reducción de los costos de inversión (tarifa T1);
g) escenario 6: aumento de la remuneración en comparación con la reducción de los costos de inversión (tarifa T1).

Cuadro III.5.8
Variables consideradas para el análisis económico (financiero)

Variables técnicas y económicas				
Ítem	**Descripción**	**Unidad**	**Datos**	
			Hipótesis 1 |	**Hipótesis 2**
1	Año de inicio de la inversión	Año	2010	2010
2	Potencia de la instalación	Wp	1500	1500
3	Vida útil de la instalación	Años	25	25
4	Producción específica prevista	kWh/año	2 671,44	2 671,44
5	Rendimiento de la instalación FV	Porcentaje	0,5	1
6	Costo unitario de la instalación	$/Wp	31,12	46,68
7	Costo total de la instalación	$	46 680	70 020
8	Precio de la prima ($/kWh)	S/kWh	0,9	0,9
9	Tasa de descuento WACC	Porcentaje	15	15
10	Gastos de mantenimiento	$/año	70	70
11	Año pedido del crédito	Año	2010	2010
12	Porcentaje financiado	Porcentaje	80	80
13	Años a devolver el crédito	Años	20	20
14	Interés del crédito	Porcentaje	12	12
15	Valor pagado con financiación	$	37 344	56 016
16	Valor pagado por medio propio	$	9 336	14 004

Fuente: Elaboración propia.

Los escenarios 4, 5 y 6 dependen del propio consumo de la vivienda, debido a que la remuneración de la energía inyectada a la red depende del sobrante de energía luego de que el usuario cubre su propio consumo. En el cuadro III.5.9 se muestran los valores de la energía inyectada a la red, para las diferentes tarifas y estaciones del año, luego de cubrir el consumo propio del usuario.

Cuadro III.5.9
Sobrante de energía inyectado a la red eléctrica por tarifa

Tarifas	**Tarifa T1-R1**			**Tarifa T1-R2**			**Tarifa T1-R3**		
Estación	**Energía diaria (kWh/día)**			**Energía diaria (kWh/día)**			**Energía diaria (kWh/día)**		
	Invierno	**Verano**	**Resto**	**Invierno**	**Verano**	**Resto**	**Invierno**	**Verano**	**Resto**
Día hábil	2 388	8 676	5 896	0,980	6 733	4 437	0	2 516	2,15
Día semi-hábil	2 308	8 676	5 576	0,953	6 814	4 258	0	3 083	1,88
Día no hábil	2 567	8 807	5 945	1 132	6 897	4 413	0	3 326	2 185
Energía anual (kWh/año)	2 172 772			1 585 838			657 067		

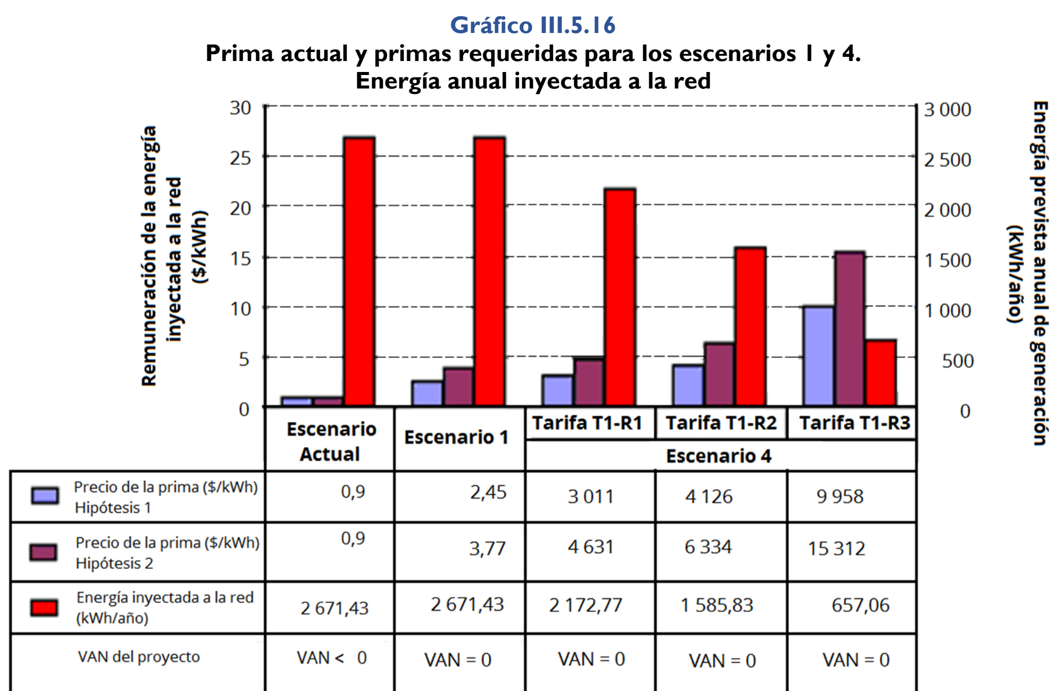
Fuente: Elaboración propia.

c) Resultados del estudio económico

Los resultados obtenidos, a partir de las variables consideradas y explicitadas en el cuadro III.5.8, muestran que para ambas hipótesis resultan VAN negativos y TIR inferiores a la tasa de retorno mínima requerida (hipótesis 1: VAN=–25.987 $; hipótesis 2: VAN=–46.725 $. Ambos casos presentan un marco poco atrayente para las inversiones si el usuario deseara realizar las instalaciones FV en la actualidad. Esto demuestra que un aumento en la remuneración o una reducción de los costos unitarios es imprescindible.

Resultados comparativos del análisis de sensibilidad: Los escenarios 1 y 4 tienen como objetivo determinar cuál debería ser el valor de la prima, que retribuye la energía generada por el sistema FV, para que el VAN sea al menos igual a cero y la TIR sea igual a la tasa de descuento adoptada. En el gráfico III.5.16 se pueden observar los resultados obtenidos del estudio de los escenarios 1 y 4.

Gráfico III.5.16
Prima actual y primas requeridas para los escenarios 1 y 4. Energía anual inyectada a la red



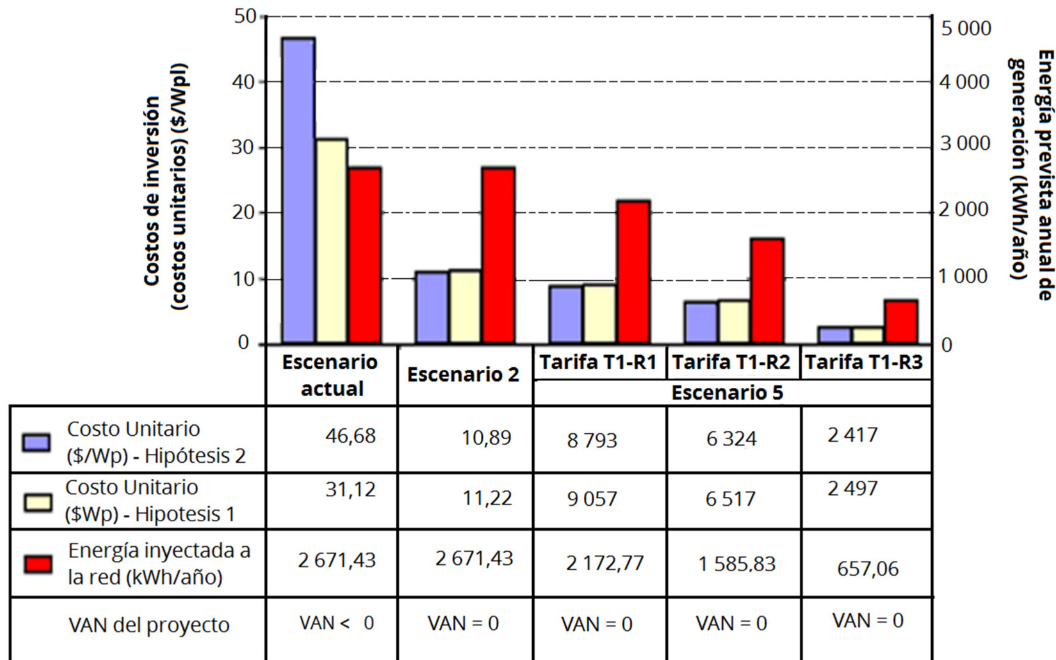
	Escenario Actual	Escenario 1	Tarifa T1-R1 (Escenario 4)	Tarifa T1-R2 (Escenario 4)	Tarifa T1-R3 (Escenario 4)
Precio de la prima ($/kWh) Hipótesis 1	0,9	2,45	3 011	4 126	9 958
Precio de la prima ($/kWh) Hipótesis 2	0,9	3,77	4 631	6 334	15 312
Energía inyectada a la red (kWh/año)	2 671,43	2 671,43	2 172,77	1 585,83	657,06
VAN del proyecto	VAN < 0	VAN = 0	VAN = 0	VAN = 0	VAN = 0

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que la remuneración necesaria para compensar los elevados costos de inversión resulta para el escenario 1 igual a 2,45 $/kWh para la hipótesis 1 y de 3,77 $/kWh para la hipótesis 2. Para el escenario 4 se obtuvieron los siguientes valores: hipótesis 1 igual a 3,011, 4,126 y 9,958 $/kWh e hipótesis 2 igual a 4,631, 6,334 y 15,312 $/kWh, para las tarifas T1–R1, T1–R2 y T1–R3 respectivamente.

Los escenarios 2 y 5 tienen como objetivo determinar cuál debería ser el valor de los costos de inversión para que el VAN sea —al menos— igual a cero y la TIR sea igual a la tasa de descuento adoptada. En el gráfico III.5.17 se pueden observar los resultados obtenidos del estudio de los escenarios 2 y 5.

Gráfico III.5.17
Costo de inversión (costo unitario) y energía inyectada a la red (escenarios 2 y 5)



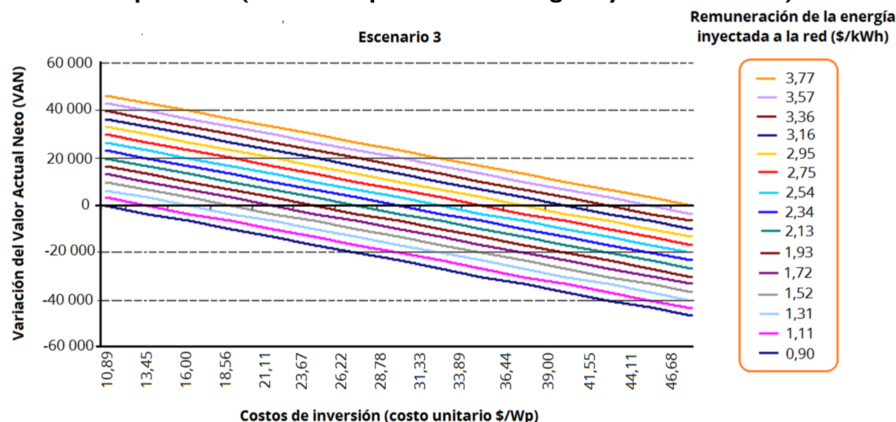
	Escenario actual	Escenario 2	Tarifa T1-R1	Tarifa T1-R2	Tarifa T1-R3
			Escenario 5		
Costo Unitario ($/Wp) - Hipótesis 2	46,68	10,89	8 793	6 324	2 417
Costo Unitario ($Wp) - Hipotesis 1	31,12	11,22	9 057	6 517	2 497
Energía inyectada a la red (kWh/año)	2 671,43	2 671,43	2 172,77	1 585,83	657,06
VAN del proyecto	VAN < 0	VAN = 0	VAN = 0	VAN = 0	VAN = 0

Se aprecia claramente que se requiere una fuerte reducción en los costos de inversión para fomentar el desarrollo de la tecnología FV y sus aplicaciones.

Los escenarios 3 y 6 contemplan las variaciones simultáneas de las dos variables, valor de la prima que remunera la energía inyectada a red y el costo unitario de los sistemas FV. En los gráficos III.5.18 y III.5.19 se presentan los valores resultantes del VAN ante distintas combinaciones posibles de Costos de Inversión y Remuneración de la Energía inyectada a la Red para el caso de la hipótesis 2 y los escenarios antes mencionados.

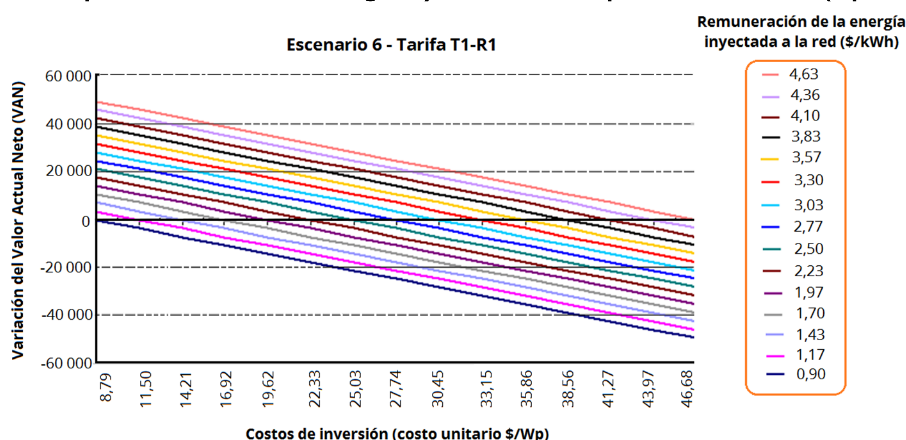
Se observa, como a *priori* era de esperar, que a medida que aumenta la remuneración de la energía inyectada a red el punto de corte del VAN positivo se traslada a la derecha, y para una misma remuneración puede observarse que para valores menores de costos unitarios de inversión el VAN mejora hasta hacerse positivo hacia la izquierda. En estas figuras puede observarse la sensibilidad del punto de conveniencia del usuario residencial que desea invertir en esta tecnología ante las variaciones tanto de la prima como del costo unitario de inversión.

Gráfico III.5.18
Disminución de los costos de inversión en comparación con el aumento de la prima –escenario 3– hipótesis 2 (resultante por toda la energía inyectada a la red)



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico III.5.19
Disminución de los costos de inversión en comparación con el aumento de la prima (escenario 6) resultante por el excedente de energía inyectada a la red para la tarifa t1–r1 (hipótesis 2)



Fuente: Elaboración propia.

7. Conclusiones

Los resultados presentados en el análisis técnico demuestran las ventajas en cuanto al ahorro de energía de transporte, así como también en cuanto al aumento de los niveles de tensión que presentarían las redes de distribución en BT con la incorporación de la generación FV en el sector residencial de una red típica de distribución de BT, de acuerdo con las curvas de oferta solar que presenta la provincia de San Juan, Argentina.

Los resultados en el caso analizado indicaron que el escenario más conveniente corresponde a una potencia de generación FV instalada de 1,5 kWp por vivienda y un ND del 40% (correspondiente a 47 viviendas), resultando un ahorro en energía de pérdidas anuales de 1.212,37 kWh/año, como así también un aumento promedio del perfil de tensión de 0,12% para el caso de mínimas pérdidas.

Dado que el caso real utilizado corresponde a un barrio de viviendas pequeño y nuevo la red eléctrica, construida con los criterios técnicos de diseño usuales, se encuentra sobredimensionada con

respecto a la demanda actual. En cálculos preliminares realizados incrementando la demanda, como es de esperar, los beneficios por reducción de pérdidas y mejoramiento de los niveles de tensión son más importantes.

Del análisis económico resulta que, con los costos unitarios de inversión actuales, el valor de remuneración por kWh generado por el sistema FV establecido en la legislación vigente no resulta atractivo para que el usuario residencial invierta en esta tecnología. Esto demuestra que un aumento en la remuneración o una reducción de los costos unitarios son imprescindibles para poder captar la atención de los usuarios para que realicen las instalaciones. Se estimó como deberían variar dichos valores, ya sea en forma individual o combinada, para que dicha inversión sea factible para el usuario residencial.

En virtud de los resultados obtenidos se pretende cubrir un eslabón más dentro del marco del Proyecto Solar San Juan en la evaluación de los aspectos técnicos y económicos, los cuales permiten ir logrando la consolidación de la tecnología FV en la provincia de San Juan-Argentina.

Se continúa en la temática con la evaluación económica de los beneficios resultantes y en la evaluación técnico-económica con respecto de la incidencia en el costo de distribución de la inserción de generación FV distribuida. En este caso se incluirá en el análisis la incorporación de baterías a fin de almacenar energía en los horarios de mayor radiación solar para entregarla a la red en los horarios de punta de la demanda. Así se descarga la red en los horarios de mayor demanda requiriéndose inversiones menores en los distintos estadios del sistema (distribución, transmisión y generación).

E. Bibliografía

Torres, J. (2009), «El mapa solar argentino. Potencialidad en generación de energía térmica y fotovoltaica», *Jornada para la industria de energías renovables*, junio.

Doña, V. M., T. J. Strada y A. Hoesé (2008-2010), «Proyecto solar San Juan: Objetivos y etapas», Argentina, Gobierno de la Provincia de San Juan.

Morán, F. (2010), «Estudio e impacto de las variables más relevantes para posibilitar la inserción de la energía solar FV conectada a red como GD en el sector residencial», *Tesis de grado para optar por el título de ingeniero eléctrico*, Argentina, Universidad Nacional de San Juan, Facultad de Ingeniería.

Biblioteca del Instituto de Energía Eléctrica de la FI-UNSJ (2000), «Campaña de medición: análisis estadístico de la información», Argentina, Provincia de San Juan.

Biblioteca del Instituto de Energía Eléctrica (IEE) de la FI-UNSJ (1999-2010), «Mediciones de R».

Artículo III.6
Políticas para afrontar el desafío del cambio climático

Jean Paul Serrano Manrique *
Estudiante de Doctorado
Facultad de Economía y Relaciones Internacionales
Universidad Autónoma de Baja California, México

Introducción

El presente ensayo es una aportación académica en relación con las políticas para afrontar el desafío del cambio climático, las estrategias y acciones que han tomado algunos países en torno al cambio climático dentro de los parámetros del desarrollo sostenible.

Se hace un recorrido desde el modelo económico energético actual, una revisión a las alternativas a este modelo, las decisiones que se han tomado en torno a seguridad energética, las políticas energéticas que incluyen: la eficiencia energética y las energías renovables. Al final se presentan las conclusiones.

Partiendo de un nuevo paradigma con base en el «desarrollo sostenible» —término común para los americanos, o bien «desarrollo sostenible» para los europeos—, se tiene la idea de un crecimiento económico continuo, sin atenuantes tecnológicas, ambientales o energéticas. En un modelo social basado en una utilización intensiva de la energía y el aprovechamiento de sus distintas modalidades y aplicaciones, crecimiento sostenido gracias a la industrialización (*The Economist*, 1999), pero que llegó a limitaciones medioambientales y de dependencia de los recursos no renovables y contaminantes como el petróleo y carbón.

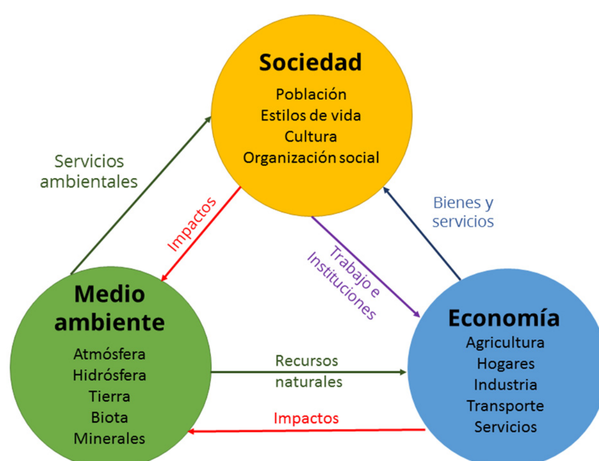
El petróleo proporciona aproximadamente un 40% de la energía comercial del mundo y más del 95% de la energía del transporte. La disminución de las reservas hace que las empresas petroleras deban trabajar cada vez más para obtener cada barril. El petróleo, junto con el carbón y el gas natural, es vital para la economía mundial. De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía (AIE, 2010) y Ruiz Caro (2010) estas seguirán siendo en los próximos años las fuentes más importantes de energía primaria.

Las sociedades necesitan crecer y para ello requieren consumir los servicios del medio ambiente y grandes cantidades de energía proveniente de los recursos naturales para transformar la economía, pero con la atenuante de que los combustibles fósiles son causantes de emisiones de gases que contribuyen al cambio climático.

En los últimos años, el tema de la sostenibilidad ambiental de las actividades económicas ha adquirido una importancia central en los debates internacionales. Ello se aprecia de manera particular en relación con el fenómeno del cambio climático que tiene consecuencias significativas sobre la población, los ecosistemas y las actividades económicas. Las acciones necesarias deben realizarse para evitar afectar el sector agrícola, la biodiversidad y la infraestructura de la región. Cabe resaltar que en la última cumbre climática en Cancún (COP16) se expone que el cambio climático provocaría una perdida en el PIB equivalente a alrededor del 1% anual entre 2010 y 2100 en los países de la región, si no se logra un consenso global en acciones de mitigación. Este 1% es superior al porcentaje anual promedio que los gobiernos de la región gastan en investigación y desarrollo y al presupuesto de la mayoría de los ministerios del medio ambiente (CEPAL, 2010a). Dentro de las acciones se

encuentran el cambio tecnológico (que no va ser suficiente), se requieren además reformas en las políticas nacionales y globales para que funcionen correctamente apuntando a un desarrollo sostenible. Además, se deben abordar conjuntamente los desafíos del cambio climático a nivel regional (CEPAL, 2010b).

Diagrama III.6.1
Elementos del desarrollo sostenible



Fuente: Adaptado de Daly y Townsend (1992).

Es de tener en cuenta que dentro de las alternativas para contribuir a la reducción de emisiones de gases contaminantes que contribuyen al cambio climático se encuentran las energías renovables, la eficiencia energética, y las políticas públicas y las acciones en todas las escalas para hacer posible su introducción en contraposición y/o acompañamiento al modelo convencional. Teniendo dentro de los escenarios de toma de decisión la importancia de la seguridad energética para cada país; determinante a la hora de elaborar políticas públicas con visiones estratégicas, donde se puede buscar maximizar la seguridad nacional u otras, esa seguridad está vinculada con el desarrollo económico y la sostenibilidad, que incluyen la desregulación de los mercados y la orientación a disminuir el consumo (Cesarin y Moneta, 2005), o variantes que se puedan dar.

Así, la energía renovable se constituye como una alternativa al modelo convencional para consumo energético, que enfrenta problemas con los «grupos de la oposición de intereses especiales» y que además implica impactos ambientales; grandes extensiones de tierra pueden hacerse inservibles para usos competitivos, e interrumpir la vida marina, fauna y flora, la contaminación visual y el ruido, si bien existen maneras de reducir los efectos (Electrical Engineering Portal, 2010). Los proyectos de energías renovables fracasan por falta de un entorno político adecuado, muchos países gozan de condiciones ideales para explotar las energías renovables. Tienen sol, aire y agua en abundancia. Sin embargo, no consiguen atraer inversores. A menudo, por carecer del marco legal necesario (Global Ideas, 2011)

Por su parte la eficiencia energética es un concepto que se ha instalado con fuerza en la agenda pública de los últimos años. El incremento del costo de los combustibles fósiles, el cambio climático y los problemas de suministro energético, han sido los principales hechos que han motivado este proceso. De esta manera se propone que el crecimiento económico no puede conducir al despilfarro energético por qué no sería sostenible en el tiempo ni socialmente responsable (Club Español de la Energía y Comisión Nacional de Energía, 2002). De esta manera se procede a introducir en el modelo

convencional, con la revisión de algunos antecedentes que intentan aclarar la situación actual a nivel energético a escala global.

A. Modelo convencional

El sistema energético mundial ha pasado por dos transiciones significativas: la primera se relaciona con la aparición de la máquina de vapor y el uso del carbón, por su fácil transporte y almacenamiento a los lugares de consumo, independientemente del origen. La segunda fue el descubrimiento del petróleo, el cual influyó de manera directa en la revolución del transporte. Así, la evolución de las fuentes de energía desde la biomasa tradicional (leña) como fuente energética al uso de combustibles fósiles a partir de 1850 al año 2000; resaltando la sustitución del uso del carbón por derivados del petróleo, y posteriormente el uso de gas natural, hidroelectricidad y el surgimiento de la energía nuclear; aunque actualmente el patrón de energía sigue estando dominado por el uso de recursos fósiles, principalmente petróleo (Senado de la República y UNAM, 2004; AIE, 2010).

La disminución de las reservas y la alta volatilidad de los precios de petróleo en los mercados internacionales han llevado a que el carbón haya sido visto como una alternativa energética en muchos países, lo anterior debido principalmente por su bajo costo, la abundancia de reservas y la estabilidad de los precios del mismo. Sin embargo, el inconveniente del uso del carbón es su efecto negativo sobre el medio ambiente ya que es el recurso energético fósil más sucio. Ante este hecho, en los últimos años, los países con grandes reservas de carbón y desarrollo tecnológico han buscado formas más eficientes y limpias para convertir el carbón en energía. Para lo cual se deben crear políticas que incentiven la aplicación de esas formas eficientes y limpias en la medida que sea factible. Por ejemplo, la eficiencia promedio de las plantas de carbón instaladas en Colombia es de aproximadamente 34%, muy por debajo de las eficiencias de las plantas actuales (45%). Lo anterior debe ser el principal motivo para incentivar la conversión de las plantas existentes (Ministerio de Minas y Energía, 2010). Mejorar los niveles de eficiencia incrementa la cantidad de energía que puede ser extraída desde una unidad de carbón, lo cual es esencial para la reducción de la contaminación y la protección del medio ambiente (Electrical Engineering Portal, 2010).

Por su parte el gas natural genera controversia; para los Estados Unidos este recurso es fundamental por las decisiones en materia de energía de esa nación y por la estrategia de protección al ambiente, también por la planificación futura de los servicios públicos. Incluso pequeños cambios en las emisiones para la extracción del gas natural pueden afectar la política y los incentivos para la industria de servicios públicos y en última instancia la dependencia hacia este recurso de reservas también finitas (ProPublica, 2010). En el caso de la energía eólica y solar, se requiere del gas natural como un puente de encendido y apagado, el cual se controla con un grifo cuando el sol no brilla o el viento no sopla.

B. Alternativas al modelo convencional

Las energías renovables reducen las emisiones de gases de efecto invernadero, diversifican y dan una mayor aportación de recursos autóctonos y con ello se disminuye la dependencia energética. Por tipo de energía, tenemos:

a) **las plantas hidroeléctricas**, que, si bien tienen altos costos de inversión, pueden mejorar el abastecimiento de agua y facilitar la recuperación de tierras degradadas, hábitat, usos como riego, turismo y navegación entre otros. Su construcción puede tener un gran componente de integración regional y operan competitivamente durante el pico de la demanda. Sin embargo, los efectos sociales y ambientales son específicos del sitio y objeto

de mucha controversia. Los proyectos locales a gran escala pueden perturbar los ecosistemas locales, modificar la calidad del agua, desplazar poblaciones; el metano generado en los embalses en todo caso es mucho menor que los gases de efecto invernadero producidos por la quema de combustibles fósiles. Los sistemas pequeños tienen menos efectos en el ambiente, pero el costo de generación por kWh es más alto. Son efectos que estancan la financiación y pueden afectar el futuro de la energía hidroeléctrica CFE (2007);

b) la generación de energía solar, que presenta una vida útil larga, operación y mantenimiento bajos, fácil utilización para la exposición solar, instalación sencilla. Por su parte, dentro de las desventajas está el alto costo de los paneles solares, se necesita alternativas para su funcionamiento con baterías u otra fuente y se requiere buena exposición solar;

c) la generación de energía eólica, que tiene una serie de efectos ambientales que pueden limitar su potencial. Los más importantes son: los visuales, el ruido, la interferencia electromagnética y el riesgo de choque de aves; las acciones de mitigación correspondientes reducen estos impactos (Electrical Engineering Portal, 2010). Por ejemplo, el costo medio del kWh de generación eólica ha cambiado notoriamente durante los últimos veinte años, disminuyendo 80%; de 30 centavos de dólar estadounidense en la década de 1980 a una cifra situada hoy alrededor de cinco centavos, sin subsidios. En los sitios con buen potencial se puede empezar a considerar en el mismo rango de competitividad que las fuentes convencionales;

d) la energía nuclear, que puede considerarse como alternativa al modelo convencional. Sin embargo, se objeta que sea menos contaminante con respecto los combustibles fósiles desde una perspectiva climática cambiante, pero es visto con escepticismo debido a los peligros de la eliminación de los residuos radioactivos y su uso en países en desarrollo para fines no controlados. En los últimos años, el desarrollo de esta tecnología ha permitido la reducción de sus costos y permitido un incremento importante en la seguridad de la operación. Lo que las hace competitivas en escenarios con restricciones en el suministro y altos precios de los otros recursos energéticos (CFE, 2007);

e) la energía geotérmica donde su aprovechamiento sea posible, se consolida como una alternativa limpia para cualquier nación, si se utiliza para producir electricidad o calor para aplicaciones en la industria, en el campo y los hogares. Sin embargo, las plantas geotérmicas pueden liberar emisiones de gases a la atmósfera durante su funcionamiento. Esto podría retrasar el desarrollo futuro de los recursos geotérmicos. Las emisiones pueden ser gestionadas a través de estrictas regulaciones y métodos de control. El riesgo principal en un proyecto de energía geotérmica es la confirmación de una reserva viable, para reducir los riesgos y costos en el desarrollo de plantas de energía geotérmica, así como nuevas y mejores tecnologías (Electrical Engineering Portal, 2010), y

f) la biomasa, cuyo aprovechamiento para producir biogás en localidades rurales y la cogeneración de energía con el residuo del bagazo de caña son aportaciones interesantes para la generación renovable.

C. Seguridad energética

La visión de seguridad energética es primordial en cada país, la diversificación de la canasta energética y la dependencia son factores que afectan cualquier decisión a largo plazo. Así el propósito primordial que tienen las políticas energéticas es propiciar el abastecimiento de las necesidades energéticas del país, bajo criterios de eficiencia económica, calidad y confiabilidad, aumentando la cobertura de los servicios, utilizando los recursos naturales de manera sostenible, promoviendo el uso eficiente de la energía y reduciendo la dependencia del exterior, entre otros.

En Cesarin y Moneta (2005), se expone como China tiene énfasis en la maximización de la producción doméstica de combustibles fósiles, invertir en producción de ultramar y aumentar los vínculos con los países exportadores. Si se vinculan estas necesidades y opciones de seguridad energética en ese contexto regional, nos encontramos con una relación constructiva con un sudeste asiático incorporado a ASEAN, organismo impulsor de la integración energética regional, que estableció medidas que propendan a la obtención de seguridad, sostenibilidad y utilización eficiente de los recursos energéticos naturales; política que tiene gran similitud con la de Japón.

En síntesis, dos tipos de políticas de seguridad energética. Una con visiones estratégicas asociadas a maximizar la seguridad nacional y, otra que apunta a la necesaria vinculación entre desarrollo económico, sostenibilidad en un sentido amplio y seguridad energética, que establece como prioritarias la desregulación de los mercados y la orientación hacia la disminución del consumo, con variantes que puedan surgir en la toma de decisiones de cada país.

D. Políticas energéticas

La toma de conciencia sobre los riesgos del cambio climático comenzó en la década de 1980, cuando se creó el Grupo Internacional de Expertos para la Evaluación del Cambio Climático (GIEC/PCC). A partir de esa fecha tiene lugar una serie de conferencias gubernamentales que marcan el inicio e inclusión del cambio climático en las relaciones internacionales. En la década de 1990 se realizó la Conferencia de Río (1992) y entró en vigor la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CCNUCC, 1994). Posteriormente, en Kioto (1997), los países industrializados y los países del Este firman un Protocolo de limitación de emisiones contaminantes para el horizonte 2010. A mediados de la década de 1990, la Unión Europea decidió elaborar nuevas líneas estratégicas y un plan de acción que culmina, primero con el «libro verde» y un año después (1997) con un «libro blanco». Se destacan como elementos clave la diversificación de recursos energéticos, en particular el uso de energías renovables, la eficiencia energética y la protección del medio ambiente (Club Español de la Energía y Comisión Nacional de Energía, 2002).

En materia de energías renovables existen problemas que deben tratarse y armonizarse desde las esferas públicas en coordinación con los demás actores en medio de la gobernanza global actual para poder realizar la introducción y proliferación de estas alternativas por buen camino.

De acuerdo con Sasha Thielman, experto en energía de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) son necesarios tres pasos. En primer lugar, el gobierno debe crear las condiciones que hagan posible conectar fuentes de energía renovable a la red ya existente. Luego, hay que establecer los requisitos para suministrar electricidad ecológica a la red. Y finalmente lo más importante: la tarifa. Si ésta es demasiado baja, para muchas empresas producir electricidad «verde» no será un negocio suficientemente lucrativo. «Pero incluso si los países cumplen con todas las condiciones legales, eso no significa —ni de lejos— que los inversores lleguen». Hay más problemas que acechan el camino: muchos procedimientos de adjudicación no son transparentes. A menudo las compañías extranjeras no saben cuáles son los permisos necesarios y dónde conseguirlos.

Deben adquirir los derechos de utilización del suelo, negociar con las empresas operadoras sobre el suministro de energía a la red y atender los requisitos de seguridad. A lo que hay que incluir la corrupción, pese a ello todo debe resultar rentable, porque ni siquiera la mejor ley sobre energía será capaz de garantizar el fomento de la inversión (Global Ideas, 2011).

Así también el costo de integración de las energías renovables intermitentes en un sistema eléctrico depende su grado de penetración (es decir la proporción de capacidad intermitente con respecto al total de capacidad de generación instalada en el sistema). La integración de generación con fuentes renovables ha mostrado tener un mayor impacto en tres aspectos que actualmente se debaten a nivel mundial: i) la infraestructura de transmisión requerida para integrarla al suministro; ii) el efecto de la intermitencia en la operación del sistema eléctrico, y iii) el comportamiento bajo condiciones de emergencia (CFE, 2007). Por otra parte, los precios no se trasladan al mercado con todo realismo, los problemas de suministro futuro de las energías primarias en los costos marginales a largo plazo. Otros problemas, como la transparencia, las subvenciones opacas y la insuficiente información y formación de los agentes, contribuyen a que los comportamientos energéticos no respondan a criterios de mercado, económicos y de racionalidad (Club Español de la Energía y Comisión Nacional de Energía, 2002).

Así dentro de los planes energéticos nacionales en la región se encuentran por lo menos planes estratégicos en cobertura eléctrica (también impulsada por el cumplimiento de los objetivos del milenio), uso racional y eficiente de la energía, promoción de energías renovables, hidrocarburos y biocombustibles para diversificar las canastas energéticas y reducir los costos de la energía.

También la región debe fortalecer y ampliar las iniciativas de cooperación regional en políticas de adaptación y mitigación integradas en las estrategias nacionales y regionales de desarrollo. Para intentar reducir los riesgos vinculados a medidas unilaterales de carácter proteccionista en los países industrializados alcanzando un buen acuerdo multilateral sobre cambio climático. Un desafío central para la región es aumentar las iniciativas de cooperación regional para incorporar políticas de adaptación y mitigación, como la utilización de procesos y productos ambientalmente amigables en las estrategias nacionales y regionales de desarrollo, también en las agendas de crecimiento, competitividad e innovación (CEPAL, 2010b). Esto requerirá cooperar en una serie de ámbitos, entre los cuales la CEPAL (2009) ha identificado lo siguiente:

a) crear un observatorio de políticas del cambio climático, que sistematice los avances y debates sobre el tema;

b) desarrollar metodologías y estudios específicos para evaluar los efectos económicos del cambio climático en los diversos sectores y subregiones;

c) realizar programas, incluso de escala internacional, de apoyo al desarrollo de políticas relacionadas con aspectos como: la producción de energías renovables; eficiencia energética de los productos de consumo y sus etiquetados; del transporte, industrias y edificaciones; la producción más limpia; biocombustibles y metodologías de evaluación, entre otros;

d) fomentar y compartir experiencias en materia de diseño de proyectos para el mercado de carbono;

e) cooperar en la adaptación de las instituciones y en las facilidades financieras nacionales a los requerimientos específicos de los proyectos de mitigación de los efectos del cambio climático;

f) coordinar los distintos enfoques e iniciativas regionales, a fin de aumentar la importancia relativa de la región en el tema;

g) acordar las reformas necesarias de los mercados domésticos de carbono, incluida la evaluación de los mecanismos utilizados para financiar las medidas de adaptación;

h) coordinar las políticas de fomento de las inversiones de menor contenido de carbono, y

i) estimular iniciativas de cooperación entre organizaciones empresariales de diversos países de la región, de modo de compartir experiencias sectoriales de abordaje del cambio climático.

De esta manera pasamos a las políticas de eficiencia energética como una alternativa de corto y mediano plazo para mitigar la transición hacia energías renovables y la dependencia de los combustibles fósiles para sostener el modelo social convencional con el que se maneja el consumo de energía actualmente.

E. Eficiencia energética

La eficiencia energética es un concepto que se ha instalado con fuerza en la agenda pública de los últimos años. El incremento del costo de los combustibles fósiles, el cambio climático y los problemas de suministro energético, han sido los principales hechos que han motivado este proceso. Así, para Quintanilla y Fisher (2003) es más barato ahorrar energía que generarla, una solución menos costosa para resolver el abasto de energía es conservarla, a través de un uso más eficiente, de esta manera la energía ahorrada se traduce en disminución de la contaminación e inversión energética, y ahorro para oportunidades de inversión en otros sectores.

Si existe un sector en el cual esta nueva realidad energética y ambiental implica una oportunidad, este es el transporte. El transporte representa cerca del 19% del consumo global de energía y el 23% de las emisiones relativas al dióxido de carbono (CO_2) estimándose que, de no mediar acciones inmediatas, el consumo de energía y las emisiones de CO_2 relacionadas al transporte, se elevarían cerca de un 50% hacia 2030 y más del 80% hacia 2050 (IEA/OECD, 2009).

En este sentido se viene trabajando por parte de la Unión Europea. El libro verde sugiere cambios en los modos de transporte y la adopción de medidas adicionales para incrementar el ahorro energético a través de dos propuestas, una a los biocombustibles y otra al rendimiento energético en los edificios.

Oportunidades en la oferta y la demanda hacen de la eficiencia energética un recurso a agotar en la reducción de emisiones contaminantes y la transición a energías más limpias. De esta manera por ejemplo en México las actividades de eficiencia energética también se desarrollan en la transmisión, cuyas acciones realizadas son: i) instalación de compensación capacitiva en los circuitos primarios; ii) reducción de la longitud de los circuitos primarios y secundarios, y iii) recalibración de los conductores de los circuitos primarios y secundarios (CFE, 2007).

Existe una gran variedad de enfoques, intervenciones y programas para promover la eficiencia energética en los principales sectores y usos finales que abordan la oferta y la demanda. Muchos programas se llevaron a cabo por primera vez al inicio del decenio de 1970 en los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y, desde entonces, se han replicado y adaptado en los países en desarrollo. Cada práctica y modelo de transformación del mercado de la eficiencia energética tiene sus ventajas y desventajas, en general se circunscribe en tres grandes categorías: i) enfoques impulsados por el mercado y basados en incentivos; ii) intervenciones en materia normativa, y iii) programas de información. Del análisis realizado en América Latina y el Caribe se observan avances significativos, pues en los últimos años en casi todos los países de la región han emprendido programas de eficiencia energética; programas, proyectos e iniciativas

nacionales que son —evidentemente— muy dispares, lo cual responde a factores tales como tamaño y conformación de la estructura económica de cada nación, la distribución poblacional, el acceso a tecnología y a la información, su integración regional y mundial, el acceso a (o carencia de) financiamiento, desarrollo de instrumentos regulatorios, aspectos climáticos, culturales y sociales (Cumbre de Eficiencia Energética y Acceso, 2010).

La falta de continuidad, no contar con programas de seguimiento, por ejemplo, al término de la vida de bombillos ahorradores, en los hogares se volvió a bombillos clásicos por su menor precio. En la mayoría de los países analizados no existen (o son muy escasas) las fuentes nacionales de financiamiento específico para programas de eficiencia energética (EE), por lo que no se ha logrado la sostenibilidad de los programas nacionales. La EE en muchos países de la región no se sustenta con una política de Estado. La estructura institucional debe promover activamente la incorporación de capacidades institucionales descentralizadas para el desarrollo de programas de EE. Al mismo tiempo, se debe continuar trabajando en la EE desde el lado de la oferta (generación, transporte y distribución de energía eléctrica; refinación de petróleo y procesamiento de gas natural; generación de biocombustibles, entre otros). En ese mismo contexto, se deben diseñar (si no hay) y fortalecer (si existen), los marcos regulatorios referidos a la promoción de la EE. Las señales de política energética han sido en general insuficientes para inducir conductas y acciones de ahorro energético en los usuarios, es preciso aumentar el esfuerzo de información al público, estableciendo una política de difusión que tienda a empatar las asimetrías de información existentes en el mercado acerca del uso de la energía, entre otros.

Como acciones de sensibilización tenemos por ejemplo que en América Latina: el transporte de carga por carretera se encuentra en un momento de «toma de conciencia energética y ambiental», con un potencial enorme de despertar la mayor transformación que esta industria haya experimentado. Esto es una transformación que, en lo esencial, demandará un fuerte impulso por la profesionalización y formalización de la estructura industrial y empresarial del sector, no como imposición o sacrificio, sino como oportunidad de mejorar la productividad y competitividad de las empresas (IEA/OECD, 2009).

Es necesario promover una cultura de ahorro y uso racional de la energía en todas sus formas. La cultura del ahorro energético se debe inculcar desde la edad escolar de manera organizada y que forme parte del programa de enseñanza adoptado de manera científica por el Ministerio de Educación. En este sentido todos los sectores incluyendo el sector público, privado y doméstico tienen un potencial de ahorro importante, que de acuerdo con los estudios desarrollados a la fecha representan entre el 10% y el 30% dependiendo de las medidas a implementar. Por otra parte, las normas técnicas y el diseño de edificaciones deben tomar en cuenta la eficiencia energética (Política Energética de Panamá, 2006)

Por último, resalta el caso de Chile, país que en 2006 sufrió una crisis energética a consecuencia del gas natural importado de Argentina. Este gobierno aprobó una ley que obliga a las empresas proveedoras a que un 5% de la electricidad suministrada sea generada a partir de fuentes de energía renovables, y para 2015 este tope debería aumentar a 10%; también se conceden licencias para construir instalaciones eólicas en zonas de propiedad estatal. La dependencia de las importaciones de energía es un factor de motivación político-económico, que no es ajeno a la realidad de los demás países.

F. Conclusiones

Existe la discusión que la producción eléctrica con renovables aporta energía al sistema, pero no aportan la potencia energética en un momento oportuno, aquí la solución sería sistemas combinados con combustibles fósiles como el carbón o gas, para amortiguar el costo por el riesgo de no disponer de energía en ese momento. También el precio que pagan los consumidores está sometido a tensiones, el mercado de consumidores presiona a la baja, los accionistas de las empresas esperan un beneficio razonable y otros agentes presionan al alza por razones de viabilidad de proyectos y situaciones. Como siempre el equilibrio es difícil y para hacerlo posible es un reto en la actual gobernanza global.

Las formas existentes de transformar el mercado hacia las energías renovables y la eficiencia energética se encuadran en tres grandes categorías: i) enfoques impulsados por el mercado y basados en incentivos; ii) intervenciones en materia normativa, y iii) programas de información (Cumbre de eficiencia energética y acceso, 2010). Por su parte las energías renovables también son un reto: i) el gobierno debe crear las condiciones que hagan posible conectar fuentes de energía renovable a la red existente; ii) hay que establecer los requisitos para suministrar la electricidad ecológica al sistema, y iii) la tarifa (prácticamente lo más importante para las reglas del mercado).

Así otros tres aspectos se debaten: i) la infraestructura de transmisión requerida para integrarla al suministro; ii) la intermitencia en la operación del sistema eléctrico, y iii) el comportamiento bajo condiciones de emergencia (CFE, 2007). Solo como ejemplo, en infraestructura las deficiencias están dificultando la capacidad de América Latina y el Caribe de crecer, competir y reducir la pobreza (Fay y Morrison, 2005). De esta manera se identifican aspectos claves donde actualmente se encuentra el debate mundial en todas las escalas.

Así se reconoce que las políticas y estrategias han estado basadas en este rango de acción, con muchas disparidades, falta de continuidad, apoyo y oposición de grupos de interés. Donde la actual situación amerita políticas innovadoras, estrategias con recursos financieros estables, abundantes y bien focalizados, sensibilización, eficiencia energética en la oferta de los generadores, trasmisión, distribución y comercialización, el consumo en los hogares y sectores económicos con mayores incentivos que conduzcan más anticipadamente a la idea del desarrollo sostenible y se mitiguen las consecuencias del cambio climático.

G. Bibliografía

AIE (Agencia Internacional de Energía-OECD) (2010), *World Energy Outlook 2010*, Francia.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (2010a), *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Síntesis 2010* (LC/G.2474) [en línea], Santiago de Chile, Naciones Unidas <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/2974/1/S2010992_es.pdf>.

_______ (2010b), «Espacios de convergencia y de cooperación regional», *Cumbre de alto nivel para América Latina y el Caribe* (LC/L.3202) [en línea], Santiago de Chile, Naciones Unidas. <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/2939/1/S2010518_es.pdf>.

_______ (2009), «Cambio climático y desarrollo en América Latina y el Caribe. Una reseña», documento de proyecto, Nº 232 (LC/W.232) [en línea], Santiago de Chile, <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3640/1/S2009028_es.pdf>.

CFE (Comisión Federal de Electricidad) (2007), «Programa de obras e inversiones 2007-2016», México, D.F., México.

Cesarin, S. y C. Moneta (2005), *Compiladores. China y América Latina. Nuevos enfoques de cooperación y desarrollo. ¿Una segunda ruta de la seda?*, Buenos Aires, Argentina, Red de Centro de Estudio de Asia y el Pacífico de América Latina y el Caribe.

Club Español de la Energía y Comisión Nacional de Energía (2002), *Consumo de energía y crecimiento económico. Análisis de la eficiencia energética de los principales países de la OCDE y de España*, Madrid, España.

Daly, H. y K. Townsend (1992), *Evaluating the Earth: economics, ecology, ethics*, Cambridge, MA: MIT Press.

Fay, M. y M. Morrison (2005), «Infraestructura en América latina y el Caribe. Tendencias recientes y retos principales», *Resumen ejecutivo*, Banco Mundial.

Foro de eficiencia energética y acceso (2010), *Reporte sobre eficiencia energética y acceso en América latina y el Caribe*, México, D.F., Secretaria de Energía de México (SENER), Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Banco Mundial (BM) y Foro Económico Mundial, septiembre.

Electrical Engineering Portal (2010), *Hydro vs. Wind vs. Solar Power? And Renewables and the Impact on Environment,* véase: <www.electrical-engineering-portal.com>.

Global Ideas (2011), «Deutsche Welle» <www.dw-world.de>, Alemania.

IEA/OECD (2009), «Transport, energy and CO_2–Moving toward sustainability».

Ministerio de Minas y Energía (2010), *Plan de expansión referencia. Generación–Transmisión 2010-2024*, Subdirección de Planeación Energética, Colombia.

ProPublica (2011), *Climate Benefits of Natural Gas May Be Overstated*, New York, USA.

Quintanilla, A. y D. Fischep (2003), *La energía eléctrica en Baja California y el futuro de las renovables: una visión multidisciplinaria*, México, D.F, UABC (Universidad Autónoma de Baja California).

Ruiz Caro, A. (2010), «La cooperación e integración energética en América Latina y el Caribe», *Revista puente@europa, Año 8, N° 1.*

Senado de la República y UNAM (2004), «Nuevas energías renovables: una alternativa energética sostenible para México», Instituto de Investigaciones Legislativas del Senado de la Republica y Centro de Investigaciones en Energía-UNAM <xml.cie.unam.mx/xml/se/pe/NUEVAS_ENERG_RENOV.pdf>, México, D.F, agosto.

The Economist (1999), «The Road to Riches», *The Economist, edición impresa*, 23 de diciembre.



Módulo 4

El sector energético en el contexto del cambio climático

Artículo IV.1
El nacimiento de un nuevo paradigma energético engendrado por la crisis ambiental

Ángel Eduardo Flores Romero *
Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)
Unidad Xochimilco (México)

Resumen ejecutivo

El cambio climático no es una simple modificación del medio ambiente que nos rodea, representa cambios (que ya son inevitables) en la propia forma de vida de todos los seres del planeta. Estos cambios pueden conducirnos a crisis muy graves, dependiendo de las medidas que se tomen de aquí en adelante para corregir de raíz la problemática. Podríamos estar hablando de la adaptación de los seres vivos a las nuevas condiciones climáticas, acompañado de la acelerada extinción de un amplio número de especies.

Las actividades antropogénicas han acelerado el ritmo de generación de contaminantes a una velocidad mucho mayor en la que los mecanismos naturales de «limpieza» son capaces de asimilar. Estas actividades han incrementado los requerimientos energéticos que actualmente son satisfechos con los combustibles de origen fósil, a los cuales se les ha atribuido gran parte de la responsabilidad del cambio climático.

No existen acciones aisladas que puedan dar solución a la problemática del cambio climático. Debe existir un paquete de acciones conjuntas haciendo énfasis principalmente en tres aspectos: i) reducción de la demanda por habitante mediante el ahorro y uso eficiente de la energía; ii) apropiación y adaptación tecnológica que fomente el uso de fuentes renovables de energía, y iii) la generación de políticas energéticas locales o regionales donde se tome en cuenta la disponibilidad de recursos locales —tanto convencionales como alternos— que ayuden a la transición hacia un nuevo paradigma energético.

A. El cambio climático ¿un fenómeno nuevo?

Actualmente se sabe que el cambio climático en nuestro planeta no es algo nuevo. Los seres vivos que han habitado la Tierra por millones de años lo saben perfectamente. No es de gratis que el grado de evolución alcanzado sea de la forma en que actualmente se conoce. Las teorías acerca de la evolución de las especies toman como variable importante el factor climático para sustentar las hipótesis que en ellas se plantean, así por ejemplo se puede hablar de la pérdida del vello de gran parte del cuerpo, por la razón que ya no es indispensable traer la totalidad del cuerpo cubierto de vello, si se tienen prendas que han sustituido la función que antes cubrían los ahora «poco atractivos» vellos sobre la piel.

Un ejemplo muy claro de las teorías que sostienen el cambio climático en el planeta es la que describe la era glaciar que los científicos aseguran inició hace 100.000 años y terminó hace 10.000. Sería descabellado suponer que la tierra ha permanecido sin cambio alguno durante algún período de tiempo relativamente corto, comparado con el período de existencia de la misma. Sería tan absurdo como pensar que un bebé permanecerá siendo bebé aun cuando pasaran los años.

* Contacto: Tel.: 5483 7000 ext. 3227 y C.E.: aeflores@correo.xoc.uam.mx.

El planeta Tierra no es simple roca bañada por cuerpos de agua y rodeada de una equilibrada y delicada capa de gases. Es mucho más que eso. Nuestro planeta se encuentra en un elevado grado de equilibrio que ha podido alcanzar gracias a la conjunción de un sin fin de elementos que han construido el sistema tan perfecto que conocemos hoy en día. El planeta ha estado en constante evolución, sufriendo cambios tan violentos y abruptos, como tardados y persistentes que hacen posible el milagro más grande que ha podido existir, el milagro de la vida.

Sin las condiciones mínimas necesarias no sería posible el desarrollo y permanencia de la vida en el planeta. Variables que se conjugan para favorecer la animación de lo inanimado, entre las que encontramos la temperatura, la presión, el estado de agregación del agua, la atmósfera, la disposición de elementos químicos, y otras tantas variables, que se presentaron en el momento preciso para animar la materia inanimada germinando la vida.

Los cambios climáticos que ha sufrido el planeta han dejado profunda huella en él, y esa memoria que nuestro planeta vivo tiene, ha permitido desarrollar lo que actualmente es; así con su atmósfera, con sus mares salados, con sus cuerpos de agua dulce, con su orografía, con su clima, con la diferenciación de estaciones a lo largo del año, con sus paisajes cargados de historia y sobre todo han permitido el desarrollo de grandes sistemas en los que se encuentran los seres vivos y que llamamos ecosistemas.

Pero no nos confundamos, los cambios climáticos han sido el resultado de situaciones espontáneas que requerían de un ajuste natural de las condiciones del planeta que hacían posible mantener el delicado equilibrio de la red sobre la cual descansa la existencia de los seres vivos, incluido el ser humano. A diferencia de los cambios que se han presentado en la Tierra, este cambio climático que estamos viviendo tiene un componente nunca antes presenciado: la velocidad de cambio en las condiciones climatológicas ha sido tan rápida que el mecanismo natural de adecuación del planeta no ha tenido la oportunidad de reordenarse adecuadamente ni a la misma velocidad, provocando un grave desequilibrio en la perfección de este mecanismo tan complejo, pero a la vez frágil.

B. Cuando el cambio climático nos alcance

Cuando hace un par de décadas los científicos hablaban del cambio climático, la gente imaginaba un problema a futuro que tendrían que resolver las generaciones venideras y por lo cual ellos no debían preocuparse, y llegado el momento los afectados tomarían las medidas necesarias para salvar la situación, pero por desgracia los tiempos han sido rebasados por los hechos. El cambio climático es un proceso irreversible cuyos efectos son de carácter general y nadie ni nada es ajeno a ello. El cambio climático ya está aquí, es parte ya del sistema Tierra y no hay nada que pueda evitar su presencia.

Si es un hecho que el cambio climático nos ha alcanzado, es necesario entonces tomar medidas de fondo que nos ayuden no sólo a reducir las causas del cambio climático, sino soluciones que puedan hacer rápidas adaptaciones a las nuevas condiciones del planeta. Acciones tan rápidas que casi igualen la velocidad con la que se ha propiciado el cambio climático. La realidad es que los seres vivos necesitamos de tiempo para adaptarnos a condiciones desfavorables para nosotros, tiempo que desafortunadamente en esta ocasión no tenemos. Por ello se necesita, más que ser espectadores del cambio climático, ser protagonistas pues nosotros mismos iniciamos esta «obra de teatro» en la cual el final no es del todo predecible.

Lejos de lo que la gente suponía, de forma común en las décadas pasadas, el cambio climático es un fenómeno que nos toca hacer frente y si bien es cierto que somos los responsables directos de este cambio, de nada serviría lamentarnos y ver las cosas desde un punto de vista fatalista. La

realidad es que el cambio climático está presente y nosotros al igual que la mayoría de los seres vivos del planeta tendremos que adaptarnos a las condiciones climatológicas que imperen de aquí en adelante y haciendo frente a las consecuencias que pudieran derivar de ello. Seguramente el ser humano, al igual que muchas otras especies, modificará su comportamiento a fin de adaptarse de mejor manera a las nuevas condiciones de equilibrio en nuestro planeta.

C. La termodinámica es la raíz del problema

De acuerdo con la clasificación que la termodinámica ofrece a los sistemas, estos pueden ser aislados (no intercambian ni materia ni energía con el ambiente que rodea al sistema), puede ser cerrados (que intercambian energía con el ambiente, pero no materia) o pueden ser abiertos (intercambian tanto materia como energía con el ambiente que los rodea). Con base en ello, es fácil entender que nuestro planeta es un sistema termodinámicamente cerrado, es decir, puede intercambiar energía con el medio ambiente (el espacio) pero no puede intercambiar materia.

Esta característica tan peculiar de nuestro planeta provoca que absolutamente todos los gases que se generan dentro de la atmósfera se queden encerrados dentro de la misma, esto quizá no sería tan grave si consideramos que esta condición no es algo nuevo, y por ello el sistema Tierra, dispone de mecanismos que compensan esa situación y mantiene el equilibrio en cuanto a la cantidad y calidad de la materia que se encuentra en la atmósfera, y es precisamente aquí donde se desarrolla el problema. Las actividades antropogénicas han generado una acelerada producción de gases resultado, principalmente de la quema de combustibles fósiles. Gases que son mandados a la atmósfera y cuya vida media puede llegar a varios cientos de años.

¿Dónde está la falla? ¿En los mecanismos de regulación que mantienen el equilibrio? La respuesta definitiva es «no». La falla es la sincronía en las velocidades, mientras los mecanismos naturales de «limpieza» han sido diseñados de manera armónica, los mecanismos de emisión han sido diseñados para generar gases a un ritmo tal que han rebasado la capacidad de limpieza de los primeros. Quizá, sólo quizá dentro de algunos cientos o miles de años, la naturaleza sea capaz de modificar las características de los mecanismos naturales y dotarlos de características suficientes para igualar la velocidad con la que ahora se emiten gases a la atmósfera. Pero por ahora son insuficientes esos mecanismos.

Es absurdo pensar que la naturaleza podrá modificar los subsistemas en un período de tiempo relativamente corto. La solución no se debe dejar a la naturaleza pues no se puede saber con precisión, cual es el mecanismo que pudiera desarrollar ni el tiempo que le llevara desarrollarlo. Las acciones deben surgir desde una fuente que sea tan veloz como la rapidez con la que se ha generado el problema. Estoy convencido que las acciones deben tener, el mismo origen que el problema. Es necesario abrir los oídos a la clasificación que la termodinámica otorga al sistema Tierra y desde ese punto de partida ofrecer una solución antropogénica.

D. Paquete de acciones preventivas

Las acciones correctivas por desgracia no las hay. Nada podría corregir el desequilibrio que se ha suscitado en la maquinaria del sistema Tierra, solo ella podría revertir los efectos y para ello deberemos esperar una cantidad considerable de tiempo, tanta que la vida de varias generaciones de seres humanos no alcanzaremos a verlas. ¿Qué queda entonces por hacer? La aplicación de medidas preventivas podrá ayudar a minimizar los efectos en el cambio climático. No existe una solución o remedio único, aislado o que por sí mismo sea capaz de soportar el paquete de mitigar los efectos del cambio climático.

Considero que debe existir un paquete de acciones encaminadas a proporcionar un remedio de mitigación a corto plazo y de erradicación a largo plazo, de las causas del cambio climático. Si el problema surge de la acumulación excesiva de gases provenientes de la quema de combustibles fósiles en la atmósfera, la acción definitiva a largo plazo es la erradicación definitiva de emisión de gases de combustión a la atmósfera y eso no se logrará si no se sustituye la práctica de obtención de energía de los combustibles de origen fósil. A la larga, es deseable encontrar una forma de obtener la energía que se requiere para que las economías del orbe sigan funcionando como hasta ahora, lo cual nos conduce a un nuevo paradigma energético.

En el corto plazo las acciones pueden ser tantas como la voluntad de los interese políticos, sociales y económicos lo permitan. De por si el tema del cambio climático es por sí mismo bastante engorroso y difícil de abordar, imaginemos el grado de complejidad que adquiere cuando se involucran variables como las mencionadas. La aplicación de medidas correctivas de corto plazo podría ser una labor titánica y compleja, más no imposible, siempre y cuando se tenga en mente y no se pierda de vista que las acciones de corto plazo sólo podrán ser preventivas y la única solución correctiva es la que apunta a largo plazo a la emergencia de un nuevo paradigma energético.

E. Hacia un nuevo paradigma energético

La situación ideal, pensada por muchos estudiosos del tema energético es el surgimiento de una nueva era donde las prácticas de obtención, uso y aprovechamiento de las fuentes de energía estén pensadas en la erradicación de efectos que propician el cambio climático. Es decir, lo ideal es no emitir gases de combustión a la atmósfera para evitar la acumulación de éstos y revertir, o por lo menos detener, en la medida de lo posible el cambio climático.

En la mente de muchos de nosotros existe un sistema Tierra que se encuentra en equilibrio constante y las perturbaciones sean mínimas. ¿Será esto posible? Considero que sí, siempre y cuando se conjuguen no sólo los intereses ambientales, sino también aquellos que de una u otra forma tienen injerencia, participan directa o indirectamente y fomentan el uso de fuentes de origen fósil que tantos intereses tienen aún arraigadas.

Uno de los principales obstáculos para el surgimiento de un nuevo paradigma energético es la inercia tecnológica que se tiene en el actual paradigma energético intensivo en el uso de combustibles fósiles. No se puede tirar a la basura toda la tecnología para sustituirla por otra que, por ejemplo, sea más amigable con el medio ambiente. Sería descabellado pensar que de un día para otro se puede romper con la inercia que ha construido toda una cultura tecnológica alrededor de los combustibles fósiles, como el petróleo, el carbón y el gas natural.

Sin embargo, en el largo plazo, podría ser factible pensar en una sustitución paulatina de las técnicas actuales de obtención, uso y aprovechamiento de la energía, donde se deje de lado la quema excesiva de combustibles fósiles y se promueva el uso intensivo de fuentes alternas de energía, sobre todo las fuentes rentables.

F. Transición hacia un nuevo paradigma energético

Dado que el surgimiento de un nuevo paradigma energético es un proceso a largo plazo, se antoja pensar que existe una etapa en la cual transitaremos del actual paradigma energético hacia uno nuevo. ¿Cuál podría ser la característica principal de esta transición? Quizá se pudiera pensar en una transición donde se combinen las canastas disponibles de fuentes de energía. Se antoja pensar que los combustibles de origen fósil seguirían teniendo participación en dicha canasta y cuya frecuencia de uso

ira menguando conforme penetre el nuevo paradigma. Y por el contrario, las fuentes alternas de energía como la nuclear, pero sobre todo, las fuentes renovables ganen terreno.

No se puede dejar de pensar en la coexistencia de una canasta de fuentes convencionales y fuentes alternas dominando al unísono el panorama energético, esto provocado por la inercia tecnológica que poco a poco irá dando paso a una nueva forma de hacer las cosas en materia energética. No es difícil intuir que la penetración de fuentes renovables de energía estará subordinada a la disponibilidad y proyección económica de las mismas en las diferentes sociedades del mundo. Así las economías con ventajas en cuanto a dotación de recursos energéticos (convencionales y/o renovables) podrían mover la brújula hacia el nuevo paradigma energético, mientras que las economías menos favorecidas tendrán que conformarse con ser las seguidoras y no las protagonistas en la emergencia del nuevo paradigma energético.

No se puede ignorar la conveniencia económica que tiene intrínseco el actual paradigma energético. No es inteligente pensar que el problema ambiental por si sólo es suficiente para romper los esquemas económicos que rodean el uso intensivo de fuentes de energía de origen fósil. Se requiere observar el contexto que rodea y sustenta la existencia del actual paradigma energético, de lo contrario se estaría observando la problemática desde un puno de vista «romántico», perdiendo de vista las columnas sobre las que se sostiene.

De igual forma es necesario ir construyendo las columnas donde se sostendrá el nuevo paradigma energético. Su esencia se debe construir desde ahora para poder verlo madurar el día de mañana y sin duda alguna, la base de dicha esencia surge en el marco de las crisis provocada por el cambio climático: crisis económica, social, laboral, alimentaria y de migración de personas, principalmente.

G. ¿Y el nuevo paradigma energético?

Una de las tareas de los estudios del tema es desarrollar escenarios que indiquen cómo será el nuevo paradigma energético. No es fácil inferir con exactitud la nueva composición que tendrá el paradigma energético, aunque en lo personal apostaría por un escenario donde dominen las fuentes renovables de energía. Un paradigma donde la equidad y el acceso a las fuentes de energía no se convierta en un botín político o de poder, un paradigma donde la emisión de contaminantes a la atmósfera sea mínima, un paradigma donde se comience a formar una nueva inercia tecnológica donde la infraestructura sea basada en la captación, uso y aprovechamiento de las fuentes renovables de energía y las economías poco favorecidas en este tipo de fuentes, dispongan de opciones de compra de energía a un precio justo.

Una de las opciones más viables es el uso intensivo del hidrógeno como un vector o transportador de energía, desde luego hidrógeno renovable. Así se denomina al hidrógeno producido por fuentes renovables de energía. Si bien es cierto que el hidrógeno requiere de condiciones especiales para su manejo, también es cierto que las condiciones técnicas están disponibles para su uso, y aquellas condiciones o situaciones que aún no se han resuelto, seguramente se resolverán en alguna parte del proceso de emergencia del nuevo paradigma.

Luego entonces, el nuevo paradigma energético podría estar dominado por la economía del hidrógeno que dentro de algunas décadas pudiera haber tejido las redes científicas, tecnológicas y culturales donde se esté desarrollando, madurando y prevaleciendo el nuevo paradigma energético que comience a restituir la armonía del medio ambiente. Una armonía que pudiera ser tan frágil y vulnerable como la vida misma.

H. Bibliografía

Anderson, R. (1984), *Fundamentals of petroleum industry*; Norman, University of Oklahoma Press.

Barbir, F. (2008), *Transition to renewable energy systems whit hydrogen as an energy carrier*, Energy.

Belis-Bergouignan, M., V. Oltra and M. Saint (2004), «Trajectories toward clean technology: example of volatile organic compound emission reductions», *Ecological Economics*, Vol. 48.

Bocci, R. (2003), «Workshop Environment and sustainable development: technical scientific fundamentals for a hydrogen-based economy», Sesto Fiorentino.

Botas, J. y otros (2006), «La economía del hidrógeno. Una visión global sobre la revolución energética del siglo XXI», *Revista de la sociedad de científicos española*, N° 9.

Campbell, J. and H. Laherrère (1998), «The end of cheap oil», *Scientific American*, marzo.

Cano, U. (2003), «El hidrógeno como combustible», Sociedad Mexicana del Hidrógeno.

De la Vega, A. (2009); «Crisis global: implicaciones para las industrias energéticas y los nuevos mercados ambientales», *Energía a debate* N° 31, marzo-abril.

Hansen, J. (2005), «Distributed generation », Dinamarca, Risoe National Laboratory, octubre.

Marchetti, C. (1986), «The future of hydrogen: an analysis at world level whit special look at air transport »; Conference of the hydrogen industry council, Montreal.

_______ (1981), «Society as a learning system. Discovery, invention and innovation cycles revisited», Syracuse Scholar.

_______ (1977), «Primary energy substitution models: on the interaction between energy and society»; Technological forecasting and social change, N° 10.

Mirza, U. y otros (2008), «A vision for hydrogen economy in Pakistan», *Renewable and Sustainable Energy Reviews* N° 13.

Noguera, J. (2000), «Alternativas actuales de la producción energética: de los combustibles fósiles a las energías ecológicas»; Barcelona, España, *Revista Geología*,.

Pyle, J. and others (1994), «Solar hydrogen production»; Home Power N° 39; febrero-marzo.

Rifkin, J. (2002), «La economía del hidrógeno. La creación de la red energética mundial y la redistribución del poder en la Tierra», 4ª edición; Editorial Paidos.

_______ (2002), «Los albores de la economía del hidrógeno», *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*.

Rosenberg, N. (1994), «Exploring the black box: Technology, economics and history. Path-dependent aspects of technological change»; Cambridge University Press

_______ (1976), «Perspectives on Technology, Cambridge University Press».

Schoijet, M. (2008), «Límites del crecimiento y cambio climático», México, D.F, Siglo XXI Editores.

_______ (2002), «Historia de la Energía»; *Revista Elementos* N° 44; México, D.F.

Smil, V. (2005), «Energy at the Crossroads: Global perspectives and uncertainties», *Technological Forecasting and Social Change* N° 72; 2005.

Stamboulis, Y. y T. Tsoutsos (2004), «Política centrada en la innovación para la difusión de las energías renovables», *Institute for Prospective Technological Studies*, Report N° 65.

Stern, N. (2006), «The economics of climate change»; *The Stern Review*.

Usher, A. (1954), «A history of mechanical inventions»; Harvard University Press.

Artículo IV.2
The energy revolution of Cuba: a transition towards a new energy paradigm in the context of climate change

Mario Alberto Arrastía-Ávila *
Centre of Information Management and Energy Development (CUBAENERGÍA)
Cuban Society for the Promotion of Renewable Sources
of Energies and Environmental Respect (CUBASOLAR)

Abstract

The solution to the energy crisis faced by Cuba between 2004-2005 was a comprehensive system of actions aimed at ensuring the economic and social development of the country and its transition to a more energy efficient economy. Cuba phased out incandescent bulbs and changed from a system of centralized electricity generation to a more decentralized model, paving the road to a higher penetration of renewable sources of energy in the national energy mix. Today all the Cuban territories have electricity generation facilities with less fuel inputs and lower emissions. Gas-fired power stations play a key role within the framework of the transition of the country to a New Energy Paradigm based on efficiency, decentralization, energy education and the progressive use of renewable sources of energy. The mass media foster the change of old habits and patterns of energy consumption. The representatives of the United Nations Environmental Program and the Latin American Energy Organization have acknowledged the Energy Revolution of Cuba as a model of electricity generation and consumption that has a positive impact on the quality of life of the population and the environment. In the context of fighting global climate change, Cuba reduced its total greenhouse gas emissions in 5.1% between 1990 and 2007, according to the International Energy Agency. In that same period, the energy intensity decreased in 13.9% according to ECLAC. This essay presents an approach to the Energy Revolution of Cuba whose originality lies on the integration of technical, environmental, educational, social and economic measures.

Introduction

Frequent interruptions in oil-fired power plants, together with the impact of hurricanes on high-voltage transmission lines, caused an energy crisis in Cuba in the period 2004-2005. To overcome the situation, the Cuban Government launched an initiative called the Energy Revolution. Its main goals are to guarantee economic development and the energy invulnerability of the country. The originality of this strategy lies in the integration of technological, social (introduction of new efficient technologies in households and education) and economic measures with a remarkable positive environmental impact. The country is heading towards a New Energy Paradigm based on the use of renewable energy technologies, energy efficiency, distributed generation and energy education and solidarity.

Cuba depends on fossil fuels to generate electricity and more than 97% of the population has access to modern energy services (see table 1). The household sector has the highest share in electricity consumption in the country (see figure 1). In 2009 the country consumed 7.1 million tons of crude oil and oil products; more than two thirds of which was imported.

---

* Contacto: Tel.: (537) 206-2059 y C.E.: marioalberto@cubaenergia.cu.

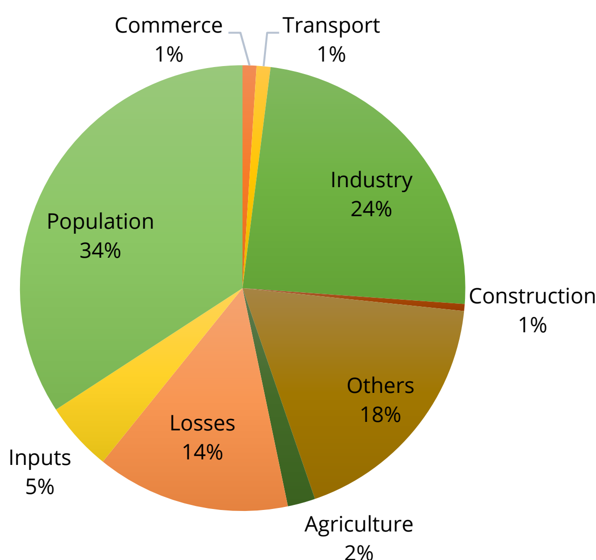
In 1959, the Cuban Electric Power Industry was controlled by foreign capital. Both the Cuban Company of Electricity and the oil refineries were US property. The whole projection of the electrical system, the development studies, the technologies to be used, the demand forecast and the projects for new transmission lines and high-voltage substations, were elaborated and decided in the United States of America. The process of nationalization carried out by the Cuban Government in the early sixties resulted in an oil blockade by the Government of the U.S.A., thus forcing the country to import oil from the former Soviet Union.

Table VI.2.1
Cuba: comparative data on energy

Energy and social data	1958	2009
Population (millions of inhabitants)	5,60	11,47
Power installed (MW)	397,10	5 522,60
Access to electricity (percentages)	56,00	97,30
Gross electricity generation (GWh)	2 550,40	17 709,10
Specific fuel consumption (g/kWh)	398,60	265,00
Electricity consumption (kWh/per capita)	377,10	1 575,60

Source: Compilation of the author from Statistical Yearbook of Cuba.

Graphic VI.2.1
Cuba: electricity consumption per sectors, 2009



Source: Compilation of the author from «Energía y Minería en Cuba», 2009.

The National Energy Commission was set up by governmental mandate in 1983 aimed at, among other responsibilities, the promotion of renewable energy technology applications. The Commission outlined the National Energy Sources Development Program and was officially dissolved in 1993. In February 2007, the Central Group of Renewable Energies and Energy Efficiency was created and nowadays it embraces fifteen groups that are working in outlining national strategies to develop renewable energy technologies.

The impact on the Cuban economy of the collapse of the Soviet Union and the European socialist countries was devastating; the Gross Domestic Product dropped by 34% and energy imports

by 67.8%. Cuba faced a kind of «peak oil» situation resulting in a reduction in household electricity consumption of 19.5% in five years. The effect was felt immediately in all sectors. Due to their dependence on fossil fuels to operate, the transport, industry and agriculture sectors were virtually paralyzed. With limited petroleum, blackouts lasting up to 16 hours became common.

There was a big push to implement more renewable energy technologies due to this oil shortage. Renewable energy technologies began to be deployed in Cuba at the end of the XIX century and US intervention on the island had an impact in this regard. There were applications of hydroelectricity, bioenergy (sugar cane biomass), solar water heating, solar drying of agricultural products (coffee, cocoa, and herbal medicines), as well as water pumping with wind energy. The installation of the first Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) plant in the Bay of Matanzas (22 kW) in 1930 is a historical fact on a worldwide scale. With the support of the former USSR, the country began the qualification of specialized human capital in the second half of the XX century, and scientific research on solar cells, solar dryers, solar water heaters and wind energy were conducted.

The Ministry of Basic Industry launched the Cuban Electricity Saving Program (PAEC) in 1997. Furthermore, the Energy Saving Program of the Ministry of Education (PAEME) was launched that same year, when a new source of energy arose in the Cuban energy mix; in 1997, Cuba began to utilize the natural gas that had previously flared off in the production of oil. The gas was processed, and part of it delivered to over a million people in Ciudad de La Habana for cooking. The rest is used to generate the cheapest electricity in the country in two power stations of a joint venture Cuban-Canadian enterprise; one of them with combined cycle is the first Clean Development Mechanism (CDM) project in the country that reduces 342,235 metric tons of CO_2 equivalent per annum (see figure 2 and figure 3).

Figure VI.2.2
Cuba: first two CDM projects • ENERGAS Varadero gas-fired combined cycle power plant



Source: Mario Alberto Arrastía Ávila (photographer).

Figure VI.2.3
Cuba: first two CDM projects • Reduction of methane emissions from municipal landfill



Source: Mario Alberto Arrastía Ávila (photographer).

A. Main text

Energy Revolution is a phrase that one may often find nowadays. Greenpeace has called for a Global Energy Revolution when the organization presented their report on the necessity of using renewable energies and efficiency to fight climate change. On the other hand, the Department of Energy of the United States of America has said that Pennsylvania is fuelling an Energy Efficiency Revolution in the country, as part of its Weatherization Assistance Program. In Cuba, the meaning of the phrase has been taken directly from the dictionary. Revolution is a major change: a dramatic change in ideas or practice. Therefore, the Energy Revolution of Cuba is a radical change in the way the country transforms and uses energy carriers, technologies and sources. In practical terms, the Cuban Energy Revolution has been the way out of the energy crisis suffered by Cuba during the period 2004–2005 but the strategy will allow the transition of the country towards a New Energy Paradigm. The Cuban Energy Revolution is characterized, among other things, by a much clearer vision on the part of the high-level officials of the country, with regard to the importance of renewable sources of energy and energy education of the society for the sustainable development of the country.

The Energy Revolution of Cuba could be defined as a «comprehensive system of political, economic, technological, environmental, social and educational actions, addressed to guarantee economic and social development and its transition towards a more energy efficient economy characterized by a diversified energy mix with a broad participation of renewable energy technologies, the application of the concepts of distributed generation and energy solidarity, as well as the creation of an energy culture of environmental respect».

In January 2006, Fidel Castro said: «…we are not waiting for fuel to fall from the sky, because we have discovered, fortunately, something much more important, energy conservation, which is like finding a great oil deposit». This phrase characterizes the main purpose of the Energy Revolution of Cuba, one of its first achievements being to have eliminated the frequent interruptions of the electric service (blackouts) that were affecting both the population and industry, having a tremendous impact on the national economy.

The main goals of the Cuban Energy Revolution are to guarantee sustainable development and the economic and energy invulnerability of the country. The government has sold new highly efficient appliances like domestic refrigerators, electric pressure cookers and others, to more than three million Cuban families that benefited from bank loans. As part of the new strategy, Cuba was the first country in the World to phase out inefficient lighting; approximately nine and a half million incandescent bulbs were substituted with traditional fluorescent lamps and CFL´s. The energy efficiency campaign also comprises fuel for cooking and in this regard, kerosene and LPG are being displaced by electricity. The substitution and rational use of the state-owned means of transportation as well as a stricter control on fuel and electricity consumption are some of the measures taken within the new Energy Strategy. The use of wind energy for water pumping and electricity generation and solar thermal energy for water heating in houses, social institutions and certain industries are expanding. Rehabilitation of distribution power lines in order to decrease energy losses, the increase in the national oil and natural gas output, and the promotion of international cooperation, have been identified as priorities and are receiving great attention. The Programs of the Energy Revolution of Cuba are:

a) Energy saving and energy efficiency
b) Increase the availability of electrical service
c) Increase in national petroleum and gas production
d) Renewable energy sources
e) International collaboration

Some of the main results and achievements of the Energy Revolution of Cuba are:

a) Combination of demand side management measures, energy efficiency, distributed generation, energy education, social work, international cooperation and renewable energy technologies
b) Elimination of the barriers that hinder the improvement of energy efficiency
c) Phasing out of incandescent bulbs in the entire country
d) The change to electric cooking for the population
e) Installation of 3,072 MW of new power in diesel and fuel oil generators synchronized to the SEN in all the provinces of the country under a DG scheme. Installation of 701 MW of emergency backup generator sets
f) More than 26 million electric appliances have been sold to the population
g) Creation of the National Group on Renewable Energies and Energy Efficiency
h) Decrease of the specific consumption of 17.3 g/kWh, and the inputs 2.7%
i) Two experimental wind farms (French and Spanish technologies) entered into operation
j) An experiment with 1.300 evacuated tube solar water heaters is being carried out with an average investment recovery term of 3-4 years in households
k) Discreet increase in hydro generation
l) Support PetroCaribe and ALBA countries' initiatives in decreasing their electric demand
m) Implementation of an energy awareness campaign at the national level

Some of the measures taken in the state sector as part of the Energy Revolution are the following:

a) Setting up and control of electricity consumption plans for all state institutions
b) Implementation of the technology for the total efficient energy management in more than 3.000 industries and other organizations
c) Creation of teams of supervisors to carry out energy audits in industries and other organizations
d) Special measures for demand regulation and load management in 1,500 large electricity consuming centers
e) Installation of efficient water pumps for aqueducts and high buildings, and
f) Substitution of 40 W fluorescent tubes with electromagnetic ballasts by 32 W ones with electronic ballasts and aluminum reflectors both in the industrial and commercial sectors as well as in other state institutions.

1. Technological measures of the Cuban energy revolution

a) Distributed generation

The term Distributed Generation of Electricity also known as Decentralized Energy is relatively new. However, the practical application of the concept is as old as the commercial use of electricity. In fact, the first electrical system created by Tomas Alva Edison in 1882, the Pearl Street power station in New York, was decentralized. Edison took advantage of the cogeneration of electric power and thermal energy for lighting using bulbs created by him and for heating in buildings located in the vicinity of the power plant. When referring to this concept, the terms micropower, On-site Generation, Dispersed Generation, Embedded Generation, Decentralized Generation, or Distributed Energy are also used.

Decentralized Energy is not only a technology but also a way of thinking about providing energy, especially electricity. Amory Lovins, Chairman and Chief Scientist of the Rocky Mountain Institute in Colorado, USA, has been advocating for distributed generation for 30 years. According to the World Alliance for Decentralized Energy (WADE), Distributed Generation (DG) is the production of electricity at or near the point where it will be consumed, regardless of size, technology or fuel used, both off-grid and on-grid**.** Strictly speaking, DG could imply technologies that are not necessarily cleaner for the environment such as diesel generators without heat recovery. The concept of DG includes high efficiency cogeneration of heat and power (CHP), on-site use of renewable energy technologies, recycling of energy used in industry, and electricity generation near the place of consumption.

The energy crisis faced by Cuba in the period 2003-2005 worsened in the summer of 2004 and didn't leave a broad margin to the searching and implementation of an energy strategy. DG came to overcome the situation in a very short time and now Cuba is one of the first countries in DG in the world (see figures 2 and 3). Most of the new DG installed capacities in the country are emergency generators and motors that burn fossil fuels, both diesel and fuel oil. These technologies have had a net positive impact on the environment because they have lower specific consumption rates (217,2 g/kWh) compared to large oil-fired power plants (286 g/kWh on average).

The introduction of DG (see figure 4) was a true Energy Revolution in itself, because it was necessary to change the traditional way in which electricity was generated in the country for many

years. Large thermal power plants played an important role in the development of the country but they had become a problem due to their high fuel consumption, and their deplorable technical state suffered constant mishaps and service disruptions. This situation worsened even more as a result of hurricanes causing huge damage to the transmission and distribution power lines. The damage of the lines interconnecting the entire country from east to west, made the country even more vulnerable. Also, due to the dispersion of the power plants there were a high percentage of technical losses in the transmission of electricity.

Figure VI.2.4
Cuba: distributed generation facility in Artemisa province



Source: Mario Alberto Arrastía Ávila (photographer).

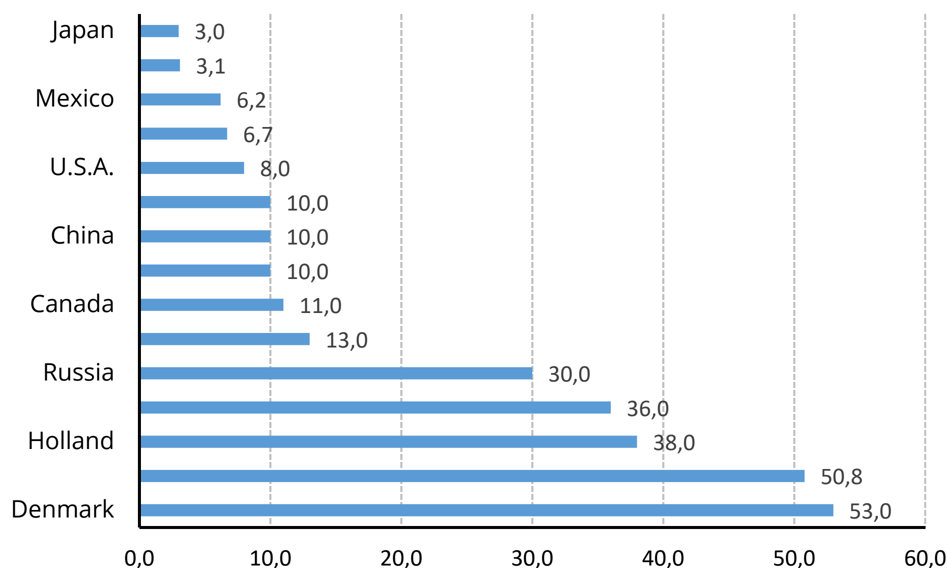
In 2005, Pinar del Río province had almost 10 days without electricity, a situation that today has already been completely sorted out. The new grid architecture's resilience was tested in the second half of 2008, when in three weeks; three category four hurricanes caused tremendous damage to the country, estimated to be ten billion dollars. 167 transmission towers were destroyed and a centralized power plant received the direct impact of the impetuous winds. Nevertheless, the distributed generators and their netted mini-grids maintained critical services, and portable diesels ran islanded (isolated) micro grids in some hard-hit areas like Isla de la Juventud whose electrical system was totally destroyed.

Cuba has a generating capacity of 3.912 MW on DG. 2,021 MW correspond to diesel generators and the rest are fuel oil motors and other technologies. The country has a reserve of more than 6,285 small diesel generators installed in key centres of the economy and services to the population such as bakeries, shopping centres, hospitals, clinics, food production centres, and schools. The combined power of all these generators reaches the figure of 701 MW and the objective is to interconnect them to the National Electrical Grid. Cuba is now the second country in the world in Distributed Generation power systems (See figure VI.2.5). The power installed capacity from different technologies is shown in figure VI.2.6.

Renewable energy technologies within the framework of the Energy Revolution of Cuba

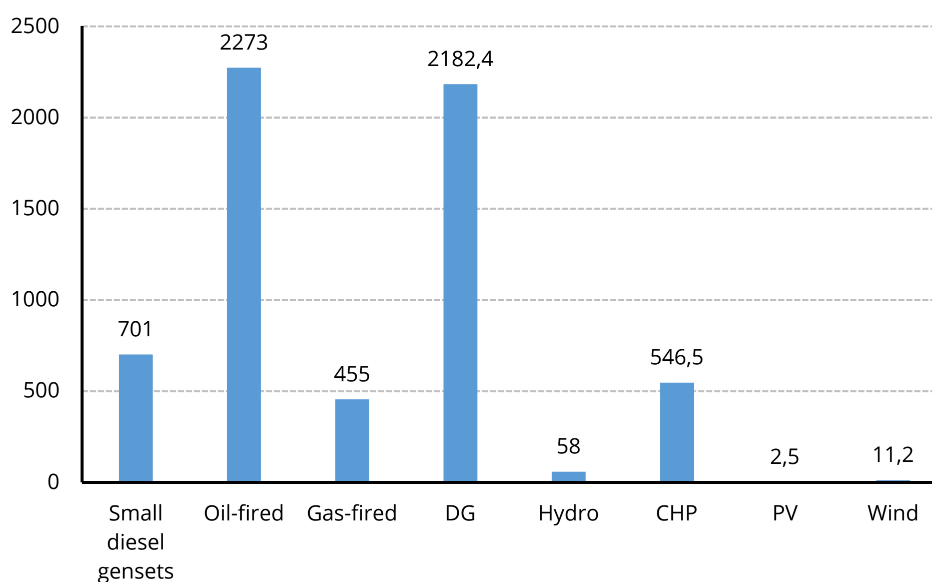
Cuba's strategic goal is a power shift to renewable energies. Solar energy is available in Cuba throughout the year with an average insolation value of 5 kWh/m² per day. Each square meter of the Cuban territory receives, on a daily basis, an amount of solar energy that is equivalent to the energy content of half a kilogram of petroleum.

Chart VI.2.5
Selected countries and Cuba: distributed generation, 2004 and 2007



Source: WADE and compilation of the author.

Figure VI.2.6
Cuba: power installed capacity in MW (2009)



Source: Compilation of the author.

Hydroelectricity and wind water pumping were the two most utilized renewable energy technologies in Cuba in the first half of the 20th century. The two oldest hydro power plants built in Cuba date back to 1,912 (Pilotos, Pinar del Río province, 200 kW) and 1917 (Guaso, Guantánamo province, 1.75 MW). Both are still working.

Drying coffee, cocoa, certain seeds and herbal medicines were other activities carried out harnessing solar energy. Solar water heaters were introduced in Cuba before 1959. Nevertheless, this technology was only available to the wealthy class for many years. Today, many health care centers and schools have these systems.

Table VI.2.2
Cuba: renewable sources of energy, 2009

Item	Figure
Renewable energy sources equipment installed	11 785
Energy produced from renewable energy sources	1 173 098 TEP
Percentage of total energy supply	14,1
Percentage of electricity generated from renewable energy	5,67

Source: Statistical Yearbook of Cuba 2009.

The Energy Revolution in Cuba has also meant a take off in the application of renewable energy technologies. The set up of the Central Group for Renewable Energy Sources and Energy Efficiency (integrated by 15 groups) in February 2007, the creation of a Department of Renewable Energies in the Ministry of Basic Industry and the deployment of national programs for the development of electricity generation based on wind energy, solar water heating for domestic, social and industrial purposes. The development of capacities in hydro and solid waste energy and research on geothermal, ocean energy and other technologies, and the inauguration of a factory of vacuum tube solar water heaters, demonstrate the advances of the country in favour of the ever increasing inclusion of renewable energy technologies.

Up to date, the country has installed 7,624 photovoltaic systems (2.57 MW), both with the support of foreign NGO´s and from Governmental programs (see figure 7). The latter made possible the installation of these systems on 2,361 rural schools, making lights, computers, educational television and videos accessible to all primary school children. There are also 460 family doctor clinics and 1,882 social centers in rural areas powered with solar photovoltaic technology. Regarding bioenergy, there is a tradition in the country in the use of sugar cane residues (bagasse) to produce thermal energy for the sugar production process and to generate electricity to meet the demand of sugar cane mills and send the surplus energy to the national grid. The country currently has a CHP installed capacity of 546.5 MW.

In Cuba, the assessment of wind resources for energy purposes has been carried out since the 1990´s. This activity was accelerated in the beginning of the Energy Revolution with the installation of meteorological stations for measuring wind speed and direction at heights of 50 and 100 m. Today, the country has three key decision-making tools for the installation of wind parks. These are: the map of ecological evidences of the wind, the map depicting the risk of hurricanes, flooding and electric storms, and the national wind map. Areas with great wind energy potential have been identified mainly in the eastern-most region of the country.

There is a comprehensive program for the application of biogas, forest biomass, hydro energy, solar photovoltaic, solar thermal and wind energy in the Isla de la Juventud Special Municipality. It

is expected that the territory will satisfy 40% of its electricity demand from renewable energy sources by 2013.

Figure VI.2.7
Cuba: largest PV system in Santa María de Loreto, Santiago de Cuba Province



Source: Mario Alberto Arrastía Ávila (photographer).

With the Energy Revolution, two municipalities of the eastern region of the country have sped up their activities in order to achieve energy self-sufficiency using renewable energy technologies. Guama will achieve this by interconnecting a network of hydroelectric power plants, and Bartolomé Masó will combine hydro, PV and CHP in the sugar cane industry. Both municipalities are intended to become true examples of sustainable development with the integration of scientific research units, the use of direct and indirect solar energy applications and participatory processes of communities and local governments.

2. Social, economic and environmental measures of the Cuban energy revolution

a) Energy revolution at home

The most evident impact of the Energy Revolution of Cuba has been the elimination of blackouts due to generation deficit (see graph below), so the situation of the period 2004-2005 has been totally overcome. This has had a tremendous social and economic impact.

Understanding that looking for more ways of generating electricity efficiently is just as important as decreasing electricity demand, Cuba began a program to change over to efficient appliances in households.

The most popular of the actions carried out was the change of incandescent bulbs for energy saving lamps, both CFL´s and traditional fluorescents. This was followed by the substitution of old appliances (TV sets, refrigerators, air conditioners, fans and water pumps) and the introduction of new ones like electric pressure cookers and electric rice cookers. This activity has involved all of the Cuban population directly.

Almost three and a half million rice cookers and over three million pressure cookers were sold to families in the push to have people switch from kerosene to cooking with electricity. And one of the best ways to encourage conservation was the new residential electrical tariff structure. Before

2006, Cuba's highly subsidized electricity was sold very cheaply, which did not encourage saving. The new tariff structure allows people consuming less than 100 kWh per month to continue paying the prior low rate. But for every increase of 50 kWh per month the electricity tariff skyrockets. Consumers using over 300 kWh per month must pay 1.30 pesos/kWh. In 2010 the tariff was again increased but only affects those customers whose consumption is above 300 kWh per month.

Social Workers, University Brigades of Social Work members (BUTS) and of community-based organizations in the neighbourhoods, distributed energy saving bulbs and traditional fluorescent lamps free of charge. In less than a year, the country phased out inefficient lighting. The rest of the appliances have been sold with the population having access to bank loans.

Educating the consumers

The most controversial and complex aspect related to the rational use of energy is the behavioural change that is required to achieve significant advances in this regard. To reach energy consciousness based on a culture of energy is a task that requires comprehensive educational work and it is not only achieved through advertising campaigns and isolated actions. But Energy Education is not a new topic in Cuba. During the 1970´s children from primary and secondary schools were organized at the neighbourhood level in what were called «Click Patrols», in order to promote energy saving at home. This is how a popular energy culture began to be created in Cuba.

The first time energy conservation issues were presented on television date back to 1982. In 1984, the Cuban leader Fidel Castro in the closing session of the First National Energy Forum stated: «*Our entire population, all the workers, youth, students, even young children, have to be aware of energy, and of their future, and ask themselves how we are going to produce electricity, steam, and transportation in the future. This question has to be asked even to the children, in our country more than in any other*».

Energy Education is a continuous, dynamic and dialectical process of pedagogical actions, directed to the development of a system of knowledge, procedures, abilities, behaviours, attitudes and values in connection with the sustainable use of energy. Since the introduction of PAEME, the education of all students in energy issues has been a priority for the government but the Energy Revolution has boosted Energy Education activities nationwide (see table VI.2.3).

Figure VI.2.8
Cuba: junior secondary school student explaining about renewable energy technologies



Source: Mario Alberto Arrastía Ávila (photographer).

Some of the scenarios for the development of educational activities in the field of energy are: schools, enterprises, government, communities, families and non-formal. They are all used in Cuba to increase the energy culture. In the case of enterprises and other organizations, energy topics are treated with the help of the trade unions in a joint effort with the administration. Instructive and training activities at different levels for managers, workers and specialists, are also developed.

The Technology for the Total Efficient Energy Management, promotes the education of the labour force and managers in energy issues, carrying out energy awareness activities that contribute to better understanding the necessity and the way to decrease energy consumption.

Table VI.2.3
Cuba: participation in Paeme festivals (papers, drawings, songs, etc.)

Year	Provincial level	National level
2005	953	395
2006	1 010	419
2007	1 725	432
2008	3 129	---
2009	4 783	---

Source: Direction of Rational Use of Energy, Ministry of Basic Industry.

It is necessary to socialize the energy issue and the solutions. The mass media, the school and the family are playing an essential role in this purpose. Messages addressed to promote the creation of a popular energy culture should inform, persuade, sensitize and educate. The messages should include economic, political environmental, scientific and technological aspects. Behavioural changes require the introduction of new values in the whole society. True and permanent changes of behaviour will only be achieved by convincing individuals of the real advantages of saving energy and using renewable energy technologies, not only introducing external factors. In the long term, energy education is the most cost-effective method for saving energy and promoting energy efficiency and renewable energy technologies. Therefore, the Cuban educational strategy goes far beyond increasing domestic electric tariffs. A national educational program on energy is taught in all the schools of the country, and the mass media promotes energy conservation and demonstrates the importance of taking advantage of renewable sources of energy and applying energy efficiency measures.

Cuban mass media are not commercial but they are addressed to contribute to the general and comprehensive education of the people, including energy education. Since April 2007 there has been a weekly program on energy issues called «Energy XXI» on national television, for the population to understand what is happening in the energy sector. Instead of «commercials» between programs, there are spots that present energy concepts and show how to use energy efficiently. Radio Rebelde, a national radio station has a weekly program called «Energy Culture» with participation of both experts and the people. All this is embraced by the Communication Strategy of the Energy Revolution which is aimed at promoting and developing a sustainable energy culture. There is also a growing number of energy related articles in the Cuban press (see Figure 10). The website of the Centre of Information Management and Energy Development (CUBAENERGÍA) has a link to the Energy Education articles published in the national newspaper Juventud Rebelde since January 2009. This links have received more than 15,000 visits from people interested in those topics.

There is no advertising for commercial products in Cuban roads, highways and cities. However, scattered across the country are billboards promoting energy conservation. According to

the Direction of Rational Use of Energy, thousands of Energy Debates at neighbourhood level were carried out in the 2006-2009 period. But in spite of the many educational and informative efforts that have been made to promote the rational use of energy, there is a great energy saving potential, mainly in the state sector. The Direction of Rational Use of Energy planed a reduction of 5% in the consumption of electricity in the household sector in 2010 which was achieved.

Figure VI.2.9

Cuba: billboard on the national highway promoting energy saving for a sustainable future

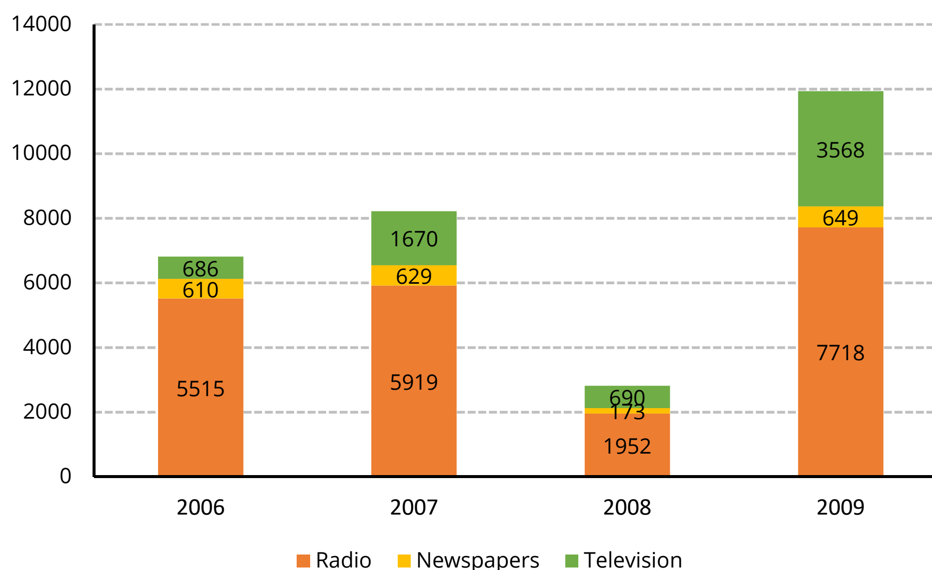


Source: Mario Alberto Arrastía Ávila (photographer).

The Energy Revolution has helped to socialize the energy issues, which constitutes an important contribution to education of all people. Education activities, information and persuasion on the rational use of energy, are conducted in schools, workplaces and through the mass media.

Figure VI.2.10

Cuba: communicational actions through the mass media, 2006-2009



Source: Direction of Rational Use of Energy, Ministry of Basic Industry.

Behavioural changes towards efficient use of energy can only be achieved persuading individuals, creating ethical and moral values and opening participatory spaces. All this can be achieved within the context of an energy education of environmental respect.

The Energy Revolution of Cuba did not begin as a result of a Knowledge Management on Energy (KME) process, but now the country is undergoing an interesting process characterized by the integration of technological and social measures which are part of the pillars of Knowledge Management.

An endogenous and somehow «spontaneous» process of KME, is taking place within the country´s organizations. Every Cuban state entity, not in the household sector, has to have an electricity consumption plan that is controlled from the municipality to the national level. On a daily basis, the electricity consumption is measured and reported. The administration of every organization, together with the workers, are engaged in the process of making sure that electricity consumption do not deviates from the plan and if there is a significant deviation, then extra measures are taken because the organization can undergo a penalization at the end of the month that could eventually affect worker´s salary stimulation. Electricity consumption is a permanent topic in all meetings in all Cuban organizations, so KME has been socialized. Pre-paid electricity meters are going to be introduced in the small non-residential consumers sector in 2011 in order to continue encouraging energy conservation and education.

Energy revolution in the context of climate change

Moreover, from the viewpoint of environmental impact, while operating the new system reduces specific emissions of CO_2 and SO_2 (due to increased efficiency that is embodied in a lower specific fuel consumption, which decreased from 281.5 g/kWh in 2005 to 265 g/kWh in 2009 nationally), NOx emissions are increased by conditions inherent in new technologies. 16.5 g per kilowatt-hour generated looks little but when one multiply this figure by the amount of electricity produced in the country then the saving is huge as well as the emissions avoided.

Some mitigation measures are being evaluated and some have already been implemented among which include: increasing the height of the expulsion of air pollutants, setting a stage with the permissible degree of simultaneity in the operation where there are several facilities in one area, as the case of the Ciudad de La Habana, installation of technologies to reduce emissions by substituting diesel fuel oil or fuel oil with a lower sulphur content and the relocation of the facility in areas of low population density and background concentrations. It is also envisaged to implement a program of continuous monitoring of emissions and air quality levels, aiming at incorporating these indicators and criteria for operation and dispatch of electricity generated from DG units.

A significant result of the positive impact of the Energy Revolution of Cuba, is the reduction of over 90% of energy not served and with it the power outages. Furthermore, significant reductions are expected in GHG emissions both by weight of gross domestic product and per kWh generated as a result of efficiency gains at the aggregate level and particularly in the electricity segment for the remarkable reduction in the rate of consumption and changing the mix of fuels used (see table 4). The period 2005-2007 shows an estimated reduction of about 5 million tons of CO_2 in the field of electricity generation and fuel for cooking (see table VI.2.5), which represents 18% of the country's total emissions in 2002 when the country submitted its latest report to the IPCC.

Table VI.2.4
Cuba: energy consumption and CO_2 emissions, 1990-2007

Energy data	1990	2009	Change (percentage)
Primary energy supply (106 TOE)	16,5	8,27	-49,9
Electricity consumption (GWh)	15 024,7	17 709,1	+17,6
Household electricy consumption (GWh)	3 306,4	6 425,8	+94,3
CO_2 emissions (tons per person)	2,60	2,32 [a/]	-10,8
CO_2 emissions (106 tons)	27,6	26,2 [a/]	-5,1

Source: CO_2 Emissions from fuel combustion. Highlights 2009, International Energy Agency and Statistical Yearbook of Cuba 2009.

Greenhouse Gas Emissions have dropped in Cuba since 1990, according to International Energy Agency (IEA) estimations. Total and per capita GHG emissions decreased 5.1 % and 10.8% respectively in Cuba in the period 1990-2007. In the same period, electricity consumption rose more than 17%, most Cuban families cook now with electricity, and electrification is 2% higher than in 1990. Specific fuel consumption in public utilities and technical losses dropped 20 g/kWh and 2% respectively in the same period. In that same period the energy intensity decreased in 13.9% according to ECLAC. These figures show the Cuban energy system is more efficient now than two decades ago.

Table VI.2.5
Cuba: co₂ emissions avoided with the Cuban energy revolution (2005-2007)

Fuels	Savings (tons)	CO_2 emissions avoided (tons)
Crude oil	961 419	3 749 534,1
LPG	124 183	335 294,1
Kerosene	281 076	899 443,2
Total	1 366 678	4 984 271,4

Source: Cuban Ministry of Basic Industry.

Another environmental benefit of the Energy Revolution of Cuba is the phasing out of chlorofluorocarbons (CFCs) in the household sector, due to the changing over of more than two million refrigerators (see figure VI.2.11) and air conditioners.

Energy saving light bulbs came massively to Cuba in 1997 when the Energy Conservation Program in Cuba led to the sale to the population over six million of these lamps. To further increase energy efficiency in lighting, the Directorate of Rational Use of Energy of the Electrical Union of Cuba runs a program to replace fluorescent lamps of 40 W per 32 W ones. The program would replace 1.8 million units containing about 55 kg of mercury according to estimates.

Figure VI.2.11
Cuba: new efficient and CFC-free refrigerators being downloaded in a neighborhood in Old Havana



Source: Mario Alberto Arrastía Ávila (photographer).

In late 2008 the country acquired a technology (see figure VI.2.12) that retrieves fluorescent lamps without releasing mercury to the environment. The equipment processes one thousand pieces per hour, so that in one year more than two million units can be evacuated. The tubes are crushed and through debris are sucked empty. The mercury does not go outside. The waste passes through activated carbon filters which retain the mercury and the rest goes into a bag where it is stored safely. Filters can last for about two years. The bags with all the waste of the lamps of the country are stored in a special and safe place.

Figure VI.2.12
Cuba: mercury from fluorescent lamps is safely processed and stored



Source: Mario Alberto Arrastía Ávila (photographer).

B. Final remarks

A true sustainable development will not be achieved without the rational use of energy, the education of consumers about the importance of saving of all types of resources, especially fossil fuels, and without the massive implementation of renewable energy technologies.

The shift towards a more sustainable energy paradigm that is taking place in Cuba is not only characterized by energy saving measures and the implementation of efficient and renewable energy technologies, but also by paying special attention to international cooperation and encouraging the participation of youth. Cuba is working together with Venezuela (Bolivarian Republic of) and other Latin American nations in the implementation of strategies for the reduction of their energy demands and the use of renewable energy technologies.

Cuba has helped to change approximately 100 million incandescent bulbs in seventeen countries. The sustainability of the Cuban Energy Revolution is guaranteed by its own educational actions, although there isn´t scientific research to include behavioural conservation in energy efficiency potential studies and strategies. The results from these studies could be a rich resource, both for revising models, and improving the assumptions of the Communication Strategy of the Energy Revolution as well as the short-term and long-term strategies for energy efficiency in the different sectors of the Cuban economy.

Both the representatives of the United Nations Environmental Program (UNEP) and the Latin American Energy Organization (OLADE) have acknowledged the Cuban Energy Revolution as a model of electricity generation and consumption that has a positive impact on the quality of life of the population and the environment. Scholars like Amory Lovins have acknowledged too, the many positive outcomes of the Energy Revolution of Cuba. In a videoconference keynote in Australia's First National Energy Efficiency Conference held in Melbourne, November 2003, Amory B. Lovins said that the future of energy is increasingly diverse, dispersed, with renewable electricity sources that cost less and make large-scale failures impossible by design. These are the basis of the Energy Revolution of Cuba.

C. Bibliography

Brown, M. (2004), *World Survey of Decentralized Energy 2004*, Scotland, UK, pp. 16-28.

Camacho, L. (2007), «Colosal empeño el desarrollo de la Revolución Energética», *Semanario opciones digital*, La Habana, Cuba, 25 de mayo.

International Energy Agency (2009), *CO_2 emissions from fuel combustion, Highlights*, France.

Colectivo de autores (2009), *Anuario Estadístico de Cuba*, Oficina Nacional de Estadísticas, La Habana, Cuba.

______(2009), *Energía y minería en Cuba 2009*, Oficina Nacional de Estadísticas, La Habana, Cuba.

Curbelo, A. y D. Aldama (2008), *Isla de la Juventud. Polígono demostrativo de las energías renovables período 2008-2013, Comunicación interna*, Nueva Gerona, Cuba, febrero.

García Santos, N. (2007), «Revelan casos de uso irracional de la energía en instituciones estatales», *Juventud Rebelde Digital*, La Habana, Cuba, 6 de marzo.

Guevara-Stone, L. (2009), *La revolución energética*, «Renewable Energy World, Vol. 12, N° 2», March-April.

Juventud Rebelde Digital (2007), *De la Revolución Energética y otros asuntos*, La Habana, Cuba, 3 de junio.

Livingston, K. and S. Tindale (2005), *Decentralising Power: An energy revolution for the 21st century*, Greenpeace, United Kingdom.

Lovins, A. B., «Efficiency and Micropower» for *Reliable and Resilient Electricity Service: An Intriguing Case-Study from Cuba*.

Pérez Navarro, L. (2007), «Control sobre puestos clave», *Granma Digital*, La Habana, Cuba, 9 de junio.

Presa, J.M. (2008), «La Revolución Energética: Resultados y Perspectivas», *Opening Lecture, International Workshop on Renewable Energies Cubasolar 2008*, Morón, Ciego de Ávila, Cuba, abril.

Riquenes Cutiño, O. (2007), «Hacia el primer municipio electrificado con energía limpia», *Juventud Rebelde Digital*, La Habana, Cuba, 28 de febrero.

Veloz, M. (2007), «La energía de una Revolución Energética», *Semanario Opciones Digital*, La Habana, Cuba, 4 de enero.

Artículo IV.3
Monopolios de Estado y política de cambio climático en México ¿Bastiones de cambio o barreras estratégicas?

Primer Lugar
Premio Fernando Cuevas 2010

Miriam Grunstein Dickter
CIDE, México

No obstante su papel de anfitrión de COP16, México está en una etapa aún incipiente de maduración normativa e institucional en lo concerniente a sus políticas de energía y cambio climático. Ello fue notorio durante el proceso de reforma energética de 2008 cuya discusión inició carente de una intención política de afrontar el impacto que tiene el modelo del sector petrolero y eléctrico en México sobre las emisiones de gases efecto invernadero. Si bien integró reformas legislativas sobre energías renovables y eficiencia energética, era previsible que dicha reforma culminara con la aprobación de algunos instrumentos jurídicos cuyas carencias y contradicciones responden en su mayor parte a una evaluación deficiente sobre el impacto que tienen los «monopolios» de estado en las políticas de reducción de emisiones de gases efecto invernadero.

En México los instrumentos legislativos, reglamentarios y los programas en vigor no han abordado cabalmente una reestructura interna de los «monopolios» de estado que impulse una extracción sostenible de hidrocarburos y políticas de eficiencia energética y de generación eléctrica a través de energías renovables y limpias.

Por estatuto constitucional, la sola denominación de «monopolio» como calificativo aplicable a los organismos encargados de la prestación del servicio público de la energía eléctrica y de la industria petrolera en México es susceptible de objeciones terminológicas. De acuerdo con el artículo 28 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la «electricidad y el petróleo» —ni siquiera los servicios relacionados con éstos— son considerados áreas estratégicas cuya realización corresponde en exclusiva a los organismos que sean de propiedad y control del estado mexicano. Las entidades encargadas de las actividades de la industria energética en México se encuentran en una situación de «privilegio» —en el sentido original del término— pues están sujetas a un marco legal *privativo* de ellas y para ellas. Consecuentemente, las entidades eléctricas y petroleras mexicanas, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y Petróleos Mexicanos (PEMEX), si bien desde el punto de vista económico corresponden al modelo monopolista de integración integral, no lo son en el sentido de su calificación jurídica, pues dichas entidades salen del régimen jurídico y económico de la lógica del mercado, por tener a su cargo actividades económicas fuertemente ligadas a cierta concepción del bienestar social. Desde este punto de vista, sólo estas entidades —del total control y propiedad del Estado— pueden supeditar el interés particular al bienestar colectivo; de tal suerte, que se les confiere un poder exclusivo, no únicamente en el ejercicio de sus actividades industriales, sino también en la definición de lo que debe ser concebido como «bienestar social». Así, éstos imprecisamente llamados monopolios tienen una doble concentración de poder en sus haberes: no sólo controlan una actividad sino también, a falta de un marco organizacional y normativo fuerte que las regule, gozan de un gran poder de decisión sobre el rumbo de estas áreas estratégicas, con todas las consecuencias económicas, de seguridad, de salud y de medio ambiente que ello implica.

El poder de CFE y PEMEX en México es vivido con ambivalencia. De cara a las críticas sobre el poder de CFE y de PEMEX frente a los usuarios de todas las categorías y tamaños, la respuesta

oficial —reproducida en el discurso de los partidos dominantes— ha sido difícil de combatir. En lo que respecta a la electricidad, el modelo monopolista de integración vertical, adoptado desde la década de 1930, ha enfrentado retos importantes pues logró que se consumaran avances significativos hacia la meta de electrificación total del país. Para 1997, no obstante las dificultades financieras enfrentadas durante la década de 1990, un 95% de la población total de México contaba con el servicio eléctrico. En lo tocante a la entidad petrolera, su papel en la generación de recursos fiscales, y como contribuyente de aproximadamente una tercera parte de los ingresos fiscales del país, la ha colocado en el papel de «madre proveedora» del pueblo mexicano pues de ella dimanan recursos para un número importante de programas sociales. Directa o indirectamente, con distorsiones o verazmente, la relación entre bienestar social y las entidades protagónicas de la industria energética nacional está estrechamente tejida en la conciencia política y en el entramado jurídico de México.

Por tanto, habida cuenta de su preeminencia constitucional y legal, las entidades aquí mencionadas juegan un papel protagónico en el abanico de decisiones que conciernen a la prestación del servicio público de la energía eléctrica en México y a la industria petrolera nacional. No es exagerado afirmar que, como titular del área estratégica en materia eléctrica, la CFE tenga la última palabra sobre aspectos tan diversos como la elección de la canasta de combustibles para la generación, las decisiones sobre las inversiones en materia de infraestructura, diseño de tarifas, algunos modelos contractuales y políticas relacionadas con programas de eficiencia. Por tanto, habida cuenta del diseño institucional y organizacional de la industria eléctrica en México, más que una entidad «empresarial» pública, encargada de prestar un servicio, la CFE se ha erigido un foco importante de decisiones sobre lo que debe ser, y cómo debe ser, la industria eléctrica en México. PEMEX, por su parte, tiene a su cargo decisiones vitales para el país, como la plataforma de exploración, desarrollo y explotación de hidrocarburos, el control total de las políticas y actividades de la refinación de los derivados del petróleo y el gas, y conserva un peso muy específico en lo que respecta a la comercialización y distribución de los mismos.

Lo anterior es de las mayores consecuencias si es visto a la luz de la relación que debe guardar una entidad empresarial de Estado con el Estado mismo —escrito con mayúscula—. Partamos de la pregunta que sigue: ¿debe ser dicha entidad un sujeto o un objeto de política pública? Si la respuesta apunta hacia ser un «sujeto activo» de política pública, entonces podría entenderse que dicha entidad debe continuar dictando políticas propias, independientemente de que éstas sean congruentes con los planes y metas más amplios del sector al que, en su caso, pertenezca. Por el contrario, si se determina que la entidad es un «objeto pasivo» de política pública, será el Estado el que dicte la estrategia de la misma dentro de la esfera del interés más amplio del sector en el que esté inserta. Las decisiones en manos de CFE y PEMEX son de las más sensibles consecuencias para las políticas públicas contra el cambio climático en México. Si CFE y PEMEX, en representación de México elijen la construcción y operación de proyectos de infraestructura baja en carbono, los beneficios de dichos proyectos serán sensibles por generaciones futuras por décadas. Por el contrario, si PEMEX y CFE se mantienen en ruta alta en carbono, entonces México podría verse forzado a actualizar la infraestructura, a costos aún mayores; o incluso podría verse en la necesidad de realizar reducciones en emisiones mucho más radicales, cuando se tengan que reemplazar esos activos.

Como sea, es difícil categorizar a las entidades energéticas mexicanas, ya sea como focos activos de decisiones, o de receptores pasivos de las mismas. Vistas a través de las normas que las rigen, o de las instituciones que debería regularlas, históricamente tanto CFE como PEMEX han aparecido como entidades que pueden hasta cierto punto dictar su propia marcha. Es decir, serán éstas las que dicten qué modelo industrial le conviene al país, en lugar de que sea una decisión de Estado el mandar cómo sus entidades deben prestarlo y bajo qué criterios de costos, seguridad,

cobertura y sostenibilidad ambiental. En el caso específico de CFE, su marco jurídico fundamental, la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE), ciertamente le confiere una esfera de facultades lo suficiente amplias y discrecionales para tomar una serie de decisiones con respecto al rumbo de la industria eléctrica en México. Sin embargo, al observar a CFE en su contexto político y social más amplio, la entidad —dotada del conjunto pesado de atribuciones recién mencionado— deviene en una entidad manejada por intereses ajenos a la eficiencia de su operación. El peso social del servicio eléctrico y las connotaciones políticas que de él dimanan han mantenido a esta entidad en el cautiverio de los intereses políticos y sindicales. En este sentido, podría argumentarse que el rumbo del sector eléctrico mexicano, y por tanto de la entidad que lo encabeza, lo ha marcado más la conveniencia política que el juicio técnico. Por tanto, la conducta de CFE —y de la ya extinta Luz y Fuerza del Centro— ha sido ostensiblemente sensible y receptiva a la voluntad de los grupos que por siete décadas conformaron la base de la estabilidad política en México. Luego, pues, la toma de decisiones ejercida al amparo de las leyes que la rigen, derivaban sus contenidos de un eje que se puede simplificar en un solo enunciado: «proveer cobertura a todos los usuarios en México». Ello se debe a que la electricidad en México ha sido considerada un disparador de desarrollo y progreso, ya que México tiene una de las tasas más altas de demanda eléctrica en el mundo. La fuerza política y el flujo eléctrico han ido de la mano en un intercambio recíproco de poder. Ello, sin duda, ha influido en la manifestación de costos sociales —ambientales, entre ellos— a cuyo análisis nos abocaremos a continuación.

En lo que respecta a PEMEX, Tzitzi Morán explica que,

«(…) gracias a una transferencia de derechos (…) Pemex actúa como el instrumento que le permite organizar las industrias petrolera y gasera y fomentar su desarrollo. Con la consolidación de facto y de iure del monopolio, una serie de objetivos y tareas fueron conferidos a Pemex, excediendo por mucho aquellas que normalmente manejan las compañías petroleras».

En este orden de ideas, lo que Morán llama una cesión de derechos del Estado a PEMEX, en cuanto a la dirección y control de la industria petrolera, tiene resultados decisivos en cuanto al radio de influencia que tiene PEMEX en las condiciones ambientales relacionadas con el cambio climático.

Éste es el estado actual de la industria en México cuando por doquier soplan vientos de cambio sobre lo que debe ser un sector energético en un entorno de calentamiento global. Sin embargo, la administración de Felipe Calderón, ajena al partido que creció junto con la energía en México, ha hecho suya —al menos en el plano discursivo— la pregunta relacionada con los costos ambientales de la provisión de la energía a los mexicanos, ya sea a manera del consumo de flujo eléctrico, de los combustibles o de cualesquiera otros productos que provienen de estas cadenas de valor. La administración de Felipe Calderón se ha distinguido por su insistencia y activismo *verbal* en los temas de responsabilidad e impacto ambiental en los foros internacionales. Esta postura de Calderón ha sido notable en el ámbito internacional y ha comportado para México una imagen ejemplar por sus manifestaciones de voluntad de reducir de forma importante sus emisiones de gases efecto invernadero (GEI). Sin embargo, en México ni las reglas ni las organizaciones están diseñadas para asumir ni remediar estos impactos y responsabilidades. El sector energético, integrado por piezas clave en lo político, económico y social, es especialmente complejo y sensible a cualquier movimiento, por positivas que sean las intenciones y las consecuencias detrás del mismo.

Sin embargo, la falta de idoneidad del marco jurídico y del diseño organizacional del sector energético mexicano no fue óbice para que en 2008, en el marco de la conferencia de cambio climático en Poznan, la administración de Felipe Calderón diera a conocer el compromiso voluntario de México a una reducción de emisiones de GEI de un 50%, para 2050. De igual forma, en dicha conferencia el

Gobierno de México propuso el llamado "Fondo Verde" cuyo objeto sería la transición a una economía baja en carbono. En los últimos dos años, México asumió compromisos voluntarios —cada vez más ambiciosos— de reducir sus emisiones en un 30% a 2020, sin que hubiera una voluntad política de mover las piezas clave del sector energético hacia una senda clara de políticas de eficiencia, diversificación en la canasta de combustibles y la adopción de fuentes renovables de generación eléctrica.

En este mismo estado de cosas, el aliento de México contra el fenómeno del cambio climático cobró fuerza al ser anfitrión de la decimosexta conferencia sobre esta materia. Del 29 de noviembre al 10 de diciembre de 2010, la ciudad de Cancún albergó la COP16, en la que México, como anfitrión, refrendó un discurso de preocupación y activismo frente al cambio climático. Desde el plano institucional, el entendimiento de México de los temas a tratarse es claro. México, tal vez como pocos países, ha precisado los dilemas de la relación entre seguridad energética, eficiencia en su consumo, transición a las energías limpias y desarrollo sostenible.

Los hechos han llevado a que México tome conciencia de su incidencia en el fenómeno de cambio climático. Con el décimo lugar en las emisiones de GEI, en México predomina una matriz energética compuesta en un 91% por combustibles fósiles. Ello no es sorprendente habida cuenta de su carácter de país productor de petróleo. Por mucho tiempo CFE fue un comprador, de cierta forma cautivo, de los combustibles de PEMEX, hasta hace algunos años cuando inició una escalada en su consumo de gas natural y promovió la construcción de terminales de importación de Gas Natural Licuado (GNL). Así, pues, ha sido un patrón relativamente reciente que CFE elija el gas natural como combustible para la generación eléctrica, como una alternativa más amable desde el punto de vista ambiental, en lugar de otros combustibles fósiles más contaminantes como el combustóleo y el diésel. Históricamente, sin embargo, la generación de electricidad en México ha seguido la lógica de un país que alguna vez fue muy boyante en materia de recursos petroleros.

En la actualidad México atraviesa por una coyuntura que podría traer consigo una oportunidad interesante para modificar sus consumos intensivos de combustibles fósiles e iniciar el compromiso hacia la transición energética, pero ello depende tanto de un cambio en las reglas del juego como en la conducta de sus jugadores principales. Este cambio —tanto en los jugadores como en las reglas— se antoja singularmente perentorio, no únicamente por la toma de conciencia de las consecuencias *futuras* del cambio climático en México, sino por los desastres ya ocurridos en territorio nacional. Inundaciones en las zonas de Tabasco y Veracruz han hecho evidente la gravedad del impacto del cambio climático en las zonas costeras de México, sin perjuicio de otras que podrían estar siendo afectadas, con daños más sutiles y por tanto de menor atención mediática. La naturaleza parece estar dispuesta a forzar la transición en la matriz energética mexicana pues, a estas condiciones atmosféricas se suma el agotamiento de los recursos petroleros de fácil acceso y de menores costos de extracción. Luego, pues, los impactos ambientales, sumados a la declinación de las reservas mexicanas, deberían ser motivos para que México tomara una decisión determinada, y determinante, para reducir el consumo de combustibles fósiles, implementar una política pública de eficiencia energética y abrir el paso de forma considerable a proyectos de generación de electricidad mediante energías renovables.

A. ¿Cambio climático sin cambio legal?

La reforma energética de 2008 —que algunos llaman petrolera— ejemplifica la indecisión de México de tomar una senda verde, pues dichos cambios legislativos no eliminaron los obstáculos que impiden tomar este curso. Los pasos de política pública en el ámbito local no son congruentes con la dimensión de las intenciones manifestadas por México en los foros internacionales. Ello se debe a que, en palabras

de la Dra. Lourdes Melgar, «la reforma energética del 2008 es prueba de la desarticulación entre la retórica climática y la conceptualización y funcionamiento del sector energético mexicano». Después de lanzar al público un diagnóstico pesimista sobre la situación de las reservas petroleras en México, el presidente Calderón presentó al órgano legislativo un conjunto de reformas a las leyes energéticas cuyo objetivo evidente era el aumento en la producción y comercialización de combustibles fósiles. La señal de dicha iniciativa era clara en el sentido de que lo que urgía para México era una agenda nueva para que México produjera más hidrocarburos para satisfacer un aumento en la demanda de los mismos en una variedad de sectores, incluyendo el de la generación eléctrica. En la iniciativa de Calderón no había la impronta verde que apareció más tarde cuando otros partidos se sumaron al debate legislativo.

En un principio, la polémica en torno a la iniciativa de Calderón no tenía como foco principal debate alguno sobre la introducción de medidas que impulsaran una industria petrolera sostenible; menos aún estaban presentes los temas de eficiencia energética y de fomento al uso de energías renovables, que surgieron durante los debates relacionados con la reforma energética y que culminaron con la creación de sus leyes específicas. En realidad, la iniciativa del presidente Calderón —y las controversias relacionadas con ella— versaron sobre la factibilidad y la conveniencia de una mayor participación del sector privado en la industria petrolera mexicana. Por tanto, si acaso los temas de sostenibilidad ambiental llegaron a surgir en el curso de estos debates, esta discusión fue marginal al tema central que preocupaba a los actores políticos en México: la naturaleza intocable de los «monopolios» energéticos en México. De ahí, pues, que las leyes aprobadas —tanto las petroleras, como las que abordan directamente las energías renovables y la eficiencia energética— se hayan construido a la sombra de los «monopolios» energéticos. Así las cosas, habrá en México un uso eficiente de la energía, diversificación de la canasta de combustibles e implementación de las energías renovables en la medida en que los «monopolios», CFE y PEMEX, lo busquen y permitan. Dicho de otra forma, y retomando los calificativos utilizados por la profesora Melgar en su descripción de la reforma de 2008, la «desarticulación» de dicha reforma de una política pública efectiva contra el cambio climático se debe en gran parte a la inviabilidad de reconstruir la estructura de poder de decisión concentrada en el modelo «monopólico» de la industria energética en México.

B. ¿Estrategia *de facto* sin estrategia *de iure*?

Es importante resaltar que, también de los debates de dicha reforma, surgió el tema de la falta de planeación energética nacional a largo plazo. Principalmente de las intervenciones de los partidos que se coaligaron en el Frente Amplio Progresista, se derivó la propuesta de crear nuevos instrumentos de planeación que trascendieran el período presidencial y que se abocaran a la concepción de un sector energético tan productivo como sostenible. Así, pues, la Estrategia Nacional de Energía, emitida en febrero de 2010 pretende trazar un horizonte de planeación de 15 años. Son tres los ejes fundamentales de dicho documento: eficiencia económica, sostenibilidad ambiental y seguridad energética.

A la luz de estos tres ejes, la Estrategia indica ciertos objetivos los cuales se enderezan a temas diversos como la diversificación en la canasta de combustibles, el impulso a los programas de eficiencia, el aumento de proyectos de energías limpias a la vez que se pretende lograr una restitución de reservas de hidrocarburos bajo un esquema de sostenibilidad ambiental. Así, pues, el sector energético propuesto por la Estrategia es uno en el que México mantiene su posición como país productor de crudo a la vez que impulsa una política fuerte de reducción de gases efecto invernadero.

Sin embargo, una lectura de la Estrategia a la luz del marco legal vigente pone en tela de juicio el grado de factibilidad jurídica de que dicha Estrategia sea viable y que se pueda cumplir con sus objetivos relacionados con la mitigación de gases efecto invernadero. Al contraponer la Estrategia

con una lectura del marco jurídico aplicable se identifican una serie de restricciones legales que pueden impedir que las autoridades competentes, y los agentes que participan en el sector energético, lleven a cabo acciones tendientes a la reducción de estos gases. De hecho, uno de los obstáculos más visibles, y más difíciles de superar por implicar un replanteamiento en el diseño total de la industria, es la dominancia de las decisiones de PEMEX y CFE en el horizonte energético mexicano. Así, pues, si PEMEX y CFE asienten a tomar acción para reducir la emisión de gases GEI, habrá pasos importantes hacia el combate del cambio climático; de lo contrario, la parálisis puede ser infranqueable.

C. ¿Energías renovables sin renovación legal?

La discrecionalidad con la que PEMEX y CFE definen el alcance de las políticas de sostenibilidad ambiental de sus respectivas industrias es, ante todo, una consecuencia de sus marcos jurídicos respectivos. Y mientras que el de PEMEX fue reformado en 2008 con el afán de hacer de PEMEX una «empresa eficiente y sostenible» el de CFE permaneció tal cual por pudor político de reformar el régimen de la industria eléctrica cuando ya costaba tanto modificar el de PEMEX. Por tanto, en lo que concierne a la industria eléctrica, la LSPEE permaneció intacta mientras que, por cuerda separada, se aprobaron dos leyes, una para el uso eficiente de la energía, y otra para la promoción de las energías renovables, cuyos alcances son limitados precisamente porque el ordenamiento eléctrico troncal, el que constituye el centro de la regulación de la industria eléctrica, permaneció intacto. De hecho, la Ley del Servicio Público de la Energía Eléctrica, es omisa en cuanto a la incorporación de proyectos de energías renovables, mientras que su artículo 36-*bis* obliga a CFE a adquirir la energía eléctrica que resulte de *menor costo* de los proyectos de generación privados. Dados los costos de los proyectos de las energías renovables, una interpretación ortodoxa de este numeral podría dar como resultado un mandato de excluir este tipo de proyectos, independientemente de sus externalidades positivas.

Sobre este punto, la Dra. Josefina Cortés ha anotado que los condicionamientos técnicos —y económicos— de los proyectos de generación mediante fuentes renovables juegan en contra de su expansión en la industria eléctrica mexicana puesto que su ley específica, la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y para el Financiamiento de la Transición Energética (LAFRE) está supeditada al régimen de menor costo de la energía a ser adquirida por CFE. Por el estado de la evolución de la tecnología de las energías renovables, estas no son competitivas frente a las plantas de generación que operan con energías convencionales. Por tanto, la vinculación necesaria de las energías renovables con la regulación de CFE, y con su mandato de adquisición al costo más bajo, hacen inviable su expansión, en los términos de la interpretación ortodoxa de la ley que no contempla como «costos» los daños ambientales ni otras externalidades negativas. Es decir, la interpretación que ha prevalecido del «menor costo», tanto fuera como dentro de los círculos oficiales, es en el sentido de que se trata del más bajo costo marginal de corto plazo, sin consideración de las externalidades negativas de las fuentes convencionales.

Otro condicionamiento técnico que margina, si bien no excluye, las energías renovables del juego con CFE es el porteo de dichas energías, pues este implica un costo significativo para estos proyectos. Ello se debe a que, en la mayoría de los casos, la electricidad debe transmitirse por un largo tramo, en vista de que el área de generación suele ubicarse lejos del centro de consumo. A ello, se suma el costo de la construcción y operación de la infraestructura de respaldo dada la intermitencia generalizada de los recursos utilizados para la generación. Sobre este último punto, cabe señalar que, además del condicionamiento de costos que establece el citado artículo 36-B de la LSPEE, se suma aquél que establece el mismo artículo que la energía generada para CFE debe ofrecer, «óptima estabilidad, calidad y seguridad del servicio público». Por tanto, los requisitos legales de menor costo

y de estabilidad en la prestación del servicio público inciden de forma importante en que los programas de infraestructura de CFE, y las elecciones de combustibles de la misma, se inclinen hacia patrones de consumo de combustibles fósiles por comportar menores costos —entendidos como costos económicos presentes— más que a la adopción de fuentes otras energéticas, cuyas emisiones de gases efecto invernadero sean significativamente menores o nulas. Por tanto, si acaso había una voluntad de introducir una política sólida de promoción de las energías renovables, hubiera sido necesario reformar la LSPEE y crear normas diferenciadas de porteo para las mismas. Ello es importante ya que, conforme al marco legal vigente, CFE tiene un costo mínimo de porteo que varía conforme la energía inyectada afecte la estabilidad de la red. Es decir, en la medida en que haya mayor afectación a la estabilidad de la red, se determinarán cargos adicionales que impactan el costo total de un proyecto.

No obstante lo anterior, los artículos 31 a 34 del Reglamento de la LAFRE parecen pretender dar solución a estos problemas, pues abren la posibilidad de variar tanto las reglas de despacho y ampliación de la infraestructura de transmisión conforme a las características específicas de la generación por medio de energías renovables. Sin embargo, esto que podría ser viable desde el punto de vista técnico, no lo es desde el plano jurídico pues, por el principio de jerarquía normativa, un reglamento no puede crear excepciones a un ordenamiento legal, como lo es la LSPEE. Además, existe el inconveniente de que normas de menor jerarquía (como lineamientos, modelos y metodologías) se conviertan en ejercicios de regulación casuísticos, en su afán de crear regímenes que pretenden excluirse de la norma general. Ello, además de ser formalmente inválido, puede obrar en contra de la seguridad de los generadores con energías renovables, en lugar de apoyar los esfuerzos de abrirles oportunidades dentro de la industria eléctrica mexicana.

En conclusión, dado que el factor costo es una de las principales barreras económicas de las energías renovables, y el marco jurídico vigente, derivado de la reforma energética de 2008, no creó un régimen jurídico diferenciado para la adquisición de energías renovables, éstas son susceptibles de ser relegadas por CFE la cual podrá optar por la generación a partir de fuentes convencionales. Así, pues, por su vínculo ineludible con CFE, las energías renovables se encuentran entrampadas en la estructura legal de una entidad que no puede dejarlas ser, lo cual impide alcanzar uno de los objetivos centrales de la Estrategia Nacional de Energía, de los compromisos internacionales de Calderón y de la LAFRE que es la consecución de la transición energética en México.

D. El caso de PEMEX: nueva Ley y viejas emisiones

En el caso de la reforma al marco jurídico de PEMEX, el cual se sustenta en la nueva Ley de Petróleos Mexicanos, esta misma ha impuesto a dicho organismo descentralizado la restitución de reservas de hidrocarburos mexicanos, la generación de valor para México, la satisfacción de necesidades energéticas, a la vez que obliga a PEMEX a una «reducción de impactos ambientales» en la ejecución de estos mandatos.

Sin embargo, en dicha Ley es ostensible la ausencia de un cúmulo de facultades básicas a nivel legal para que el Comité de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, en conjunto con los demás Comités adscritos al Consejo de Administración de PEMEX, promueva y vigile las políticas de sostenibilidad ambiental dentro del mismo. De hecho, en el mismo numeral de la abrogada Ley Orgánica de Petróleos Mexicanos, se establecía la participación del Secretario del Medio Ambiente en el Consejo de Administración, lo cual no fue establecido en la nueva Ley. La falta de la participación de la cabeza de la política ambiental en las decisiones concernientes a la restitución de reservas, y creación de valor, bajo criterios de sostenibilidad ambiental, puede redundar en

importantes insuficiencias en la adopción de políticas ambientales a lo largo de la cadena de valor de los hidrocarburos.

A la luz de lo anterior, existe el riesgo de que las metas de PEMEX, consistentes en la restitución de hidrocarburos y la creación de valor, entren en conflicto con su mandato de sostenibilidad ambiental. Ello se debe a que las necesidades perentorias de restitución en la plataforma de la producción petrolera, aunada con las necesidades de mantener el precio del barril mexicano a un precio mundialmente competitivo, tienen el potencial de inclinar las decisiones del Consejo de Administración a la adopción de políticas internas en las que se reduzcan los costos de inversión para que la cadena de valor —desde la plataforma de exploración y producción, los sistemas de refinación y la infraestructura relacionada de transporte, almacenamiento y distribución— genere bienes y servicios a menores costos, a expensas de que estos sean ambientalmente sostenibles.

La nueva Ley de PEMEX, por tanto, si bien introduce un mandato legal de reducir los impactos ambientales involucrados en la industria petrolera, no lo establece con la claridad necesaria para garantizar que esta reducción de impactos no se diluya ante el imperativo dominante de la generación de valor. En vista de la palidez con la que se plasman las obligaciones de sostenibilidad ambiental al interior de PEMEX, es improbable que los costos ambientales sean considerados como una mengua al «valor» del barril producido con tecnología y procesos más contaminantes. No hay en esta Ley, por tanto, un mandato determinante para redireccionar la conducta de PEMEX hacia patrones de sostenibilidad ambiental, que partan de la incorporación de proyectos de eficiencia energética, diversificar su producción hacia otros productos no derivados del petróleo, o poner el acento en proyectos de mitigación de emisiones. En síntesis, la nueva Ley de PEMEX se queda corta como instrumento que se suma a los esfuerzos contra el cambio climático pues no pretende hacer de PEMEX una empresa de energía, en adición —ni siquiera en sustitución— a una empresa petrolera.

En esta misma tesitura, también se ha mencionado en este trabajo que, pese a que el artículo 7 de la Ley de Petróleos Mexicanos, el cual establece como mandatos la «generación de valor» a la par de la «sostenibilidad ambiental» PEMEX históricamente ha evitado construir la infraestructura necesaria para la recolección y la reinyección del gas natural a los yacimientos por los costos que comporta dicha infraestructura. Más aún, aun cuando conforme el artículo 28 de la Ley de Petróleos Mexicanos, el Comité de Medio Ambiente sí tiene a su cargo la elaboración de programas específicos como los relativos al derrame de hidrocarburos, de remediación de suelos y aguas y de sustitución progresiva de hidrocarburos por energías limpias, no ha quedado establecida en este mismo numeral la elaboración de programas específicos para la reducción de quema y venteo de gases, su secuestro y su almacenamiento. Además, puesto que dicho Comité carece de estas facultades legales, es posible que el impulso de estos proyectos quede en suspenso por parte del Consejo de Administración de PEMEX. Ello pese a que se estima que el Golfo de México goza de formaciones geológicas idóneas para el secuestro y el almacenamiento del gas, lo cual pone a México en una situación favorable para aprovechar esta tecnología. Sin embargo, para ello se requerirían inversiones significativas en infraestructura de transporte para trasladar el gas de los sitios en los que es emitido a las zonas de almacenamiento, amén de otros activos para hacer posible el secuestro y el almacenamiento del gas.

Cabe mencionar que, desde la reforma de 2008, la Comisión Nacional de Hidrocarburos tiene en sus facultades vincular a PEMEX a realizar programas de reducción de quema y venteo de gas. Sin embargo, hoy en día, por razones de costos, PEMEX se ha resistido a realizar las inversiones para el cumplimiento de las metas impuestas por este órgano de regulación técnica de exploración y producción. Así, pues, de conformidad con el Reglamento Interno de dicho órgano, Pemex Exploración y Producción debe informar trimestralmente a la CNH las medidas y avances en los programas de trabajo, mantenimiento e inversión ejecutados para la consecución de las metas de

reducción de quema o venteo de gas. Pese a ello, PEMEX ha justificado su incumplimiento de reducir la quema y venteo de gas por las presiones en el aumento en la producción, sin contar con la infraestructura necesaria para disminuir las emisiones resultantes de dicho aumento en la producción, derivada en particular de la sobreexplotación del Campo Akal, el principal dentro del Cantarell.

E. Subsidios y eficiencia energética: ¿justicia social o calentamiento global?

Como último punto, se ha identificado el de los subsidios como uno de los de mayor incidencia pues es altamente indicativo de la dinámica entre CFE y PEMEX, órganos de gobierno y usuarios. Es en el tema de los subsidios donde hay mayor explosividad política, descentralización de decisiones —en este ámbito ni PEMEX, ni CFE pueden decidir unilateralmente— y también mayor impacto social, ya que los subsidios energéticos han sido disfrutados por todos los usuarios en territorio mexicano, chicos y grandes, ricos y pobres. Esto ha generado una costumbre arraigada y generalizada en la población en México de consumir gasolina, diésel y electricidad a precios a contrapelo de todo esfuerzo institucional por generar conductas tendientes al uso eficiente de la energía. Con una de las tasas de subsidios energéticos más altas en el mundo, los esfuerzos de México, consistentes en crear leyes específicas y renovar instituciones que regulen la eficiencia en el uso de la energía, serán infructuosos en la medida en que los usuarios carezcan de incentivos para hacer del ahorro de energía una forma de vida. De tal suerte, la emisión de leyes especiales en materia de eficiencia, y la refundación de órganos de regulación de eficiencia, como se hizo en el caso de la refundación Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, ahora llamada Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, con el ensanchamiento normativo de su mandato, será en todo caso ineficaz de no modificarse las normas y la práctica de los subsidios energéticos en México.

Más aún, la relación entre los subsidios energéticos y la figura de los «monopolios» de estado guarda una estrecha relación, toda vez que PEMEX y CFE son concebidos, más como entidades encomendadas a la asistencia social, que a la ganancia de utilidades. Por tanto, los subsidios a la gasolina, al diésel y a la electricidad en México, si bien tienen un impacto negativo en las utilidades de las entidades, han llegados a ser considerados como una suerte de «derecho» de los adquirentes de algunos combustibles y de los usuarios del servicio eléctrico. Así, pues, existe una percepción generalizada en la población de que ni PEMEX ni CFE deben vender la electricidad o los combustibles a precios comerciales porque ello va en contra de su papel asistencialista. De otra manera, cabría cuestionar la mera existencia de los «monopolios» de estado; esto es, si hay un incremento de precios, por la remoción o disminución de los subsidios, entonces al menos debería haber competencia para que el precio lo fije la «mano invisible». En otras palabras, los precios que pagan los mexicanos por los energéticos han servido como una razón muy poderosa para que PEMEX y CFE prevalezcan como los únicos proveedores de los servicios e insumos mencionados.

Sin perjuicio de su marco normativo, los subsidios dependen de una multiplicidad de voluntades políticas que suelen converger en un punto fundamental: pese a las ineficiencias que comportan, no se conoce de un grupo político que abogue vehementemente por su eliminación ni que haya presentado un plan estratégico para hacerlo. Por tanto, si bien la fijación de los precios y los subsidios depende de la administración pública, la existencia de los mismos ha descansado en un consenso político que, hasta el momento, han mantenido incólumes los impuestos a la gasolina, diésel y electricidad a expensas del medio ambiente. En este escenario, si acaso, el Gobierno de Mexico ha realizado un aumento gradual en los precios de la gasolina y el diésel, que ha sido más sensible en el malestar público que en las políticas de mitigación de GEI. Así, pues, los incrementos en las gasolinas,

más que buscar un efecto específico, han tendido a habituar al adquirente mexicano a un alza incómoda de precios en estos insumos, más que a la reducción efectiva de la emisión de GEI.

Curiosamente, la reforma de 2008, cuya confección fue asumida por el Congreso de la Unión, cuando se pensaba que se discutiría y aprobaría la del Ejecutivo, fue la primera en normar la materia de eficiencia energética. Como ya se mencionó con anterioridad en este artículo, dicha ley refunda el órgano de regulación de eficiencia energética, le atribuye un cúmulo de facultades en materia de normalización, recomendación, inspección e información, entre otras; además que «ciudadaniza» la materia de eficiencia al crear un Consejo Consultivo para el Aprovechamiento Eficiente de la Energía. Sin embargo, fuera de los nuevos organismos encargados de impulsar el uso eficiente de la energía, el órgano legislativo mexicano decidió dejar intacto el esquema de fijación de precios vigente hasta hoy, el cual tiene una incidencia importante en el uso eficiente de los energéticos en México. Un paso importante hubiera sido tomado si, en lugar de únicamente refundar y crear órganos de regulación técnica, el Congreso de la Unión hubiera modificado el esquema de fijación de precios y tarifas, la cual ha prevalecido en la competencia de la Secretaría de Hacienda, CFE y PEMEX. Algunos estudios especializados en materia de tarifas han recomendado que la fijación de tarifas quede en manos de un regulador técnico, como la Comisión Reguladora de Energía, para romper el patrón de que los precios y tarifas energéticos respondan a criterios popularidad política, en lugar de responder a los costos de la prestación del servicio de producción de los insumos.

Aun cuando en el caso de México la eliminación de subsidios sobre los energéticos podría significar la reducción de 50 millones de toneladas de CO_2 para 2020, la complejidad multifactorial de realizar una política de esta suerte es indiscutible. Los distintos gobiernos en México, a lo largo de su historia, se han encargado de crear la idea de que los subsidios son un derecho de todos los mexicanos, los necesiten o no. Esta percepción de los energéticos como un derecho es aún más pronunciada en los países productores de hidrocarburos en los que se ha transmitido el mensaje de que los recursos son del pueblo y, por tanto, pagar por su valor comercial contraviene alguna suerte de derecho «natural».

Así, pues, si el Gobierno de México llegara a tomar la decisión de eliminar los subsidios de los energéticos, habría que buscar la manera de compensar a los que sí los necesitan. Algunas medidas han consistido en transferencias de efectivo a los hogares más necesitados, en lugar de mantener los subsidios que benefician a las clases medias y altas. Además de realizar estas transferencias, los gobiernos podrían realizar campañas de educación mediante las cuales se demuestre que el dinero que se destinaba a los subsidios será encauzado para programas de salud, educación e infraestructura que beneficie a los sectores económicos bajo y medio. Sin embargo, el éxito de estas campañas depende en gran parte de la legitimidad política de los gobiernos frente a sus ciudadanos, pues requiere que la población acepte una nueva idea de «justicia social».

F. Conclusiones y reflexiones finales

¿Es la estructura «monopólica» de CFE y PEMEX *en sí* la que constituye un obstáculo para la implementación de políticas públicas eficaces en materia de cambio climático? A la luz de las ideas expuestas en este trabajo todo indica que la respuesta es negativa. Dicho esto, a algunos grupos políticos, en lo sumo recelosos de proponer y apuntalar un cambio constitucional, les aliviaría que, *desde el punto de vista jurídico e institucional,* no es indispensable disponer del modelo de monopolio integralmente integrado para combatir el cambio climático, ni reformar la Constitución.

Es de notarse que, de entre los distintos temas expuestos en este trabajo —desde los obstáculos para la implementación de energías renovables, hasta el impacto de los subsidios en la conducta de

sus consumidores— pueden ser abordados mediante reformas legales, y modificaciones institucionales, que no requieren la temida y siempre postergada reforma constitucional.

Sin embargo, lo que sí se requiere es un cambio radical en la relación normativa e institucional entre regulador y regulado. Esto es, a diferencia de hoy cuando no es claro hasta qué grado las entidades energéticas son del Estado, o el Estado de las entidades energéticas, tendría que existir un verdadero hacedor y aplicador de políticas públicas en materia energética que definiera el rumbo de estas entidades hacia metas bien definidas de reducción de GEI.

De hecho, si se cambiara el régimen legal de las entidades, a uno en que se eliminaran los obstáculos explícitos que existen para la implementación de proyectos sostenibles, como la contratación a menores costos, la inserción de proyectos de generación por medio de energías renovables podría ser legalmente factible y no habría una «excusa» jurídica, ni para el Estado, ni para CFE, para continuar el uso intensivo de combustibles fósiles. De igual forma, si se cambiara el carácter de PEMEX, como titular de la conducción de la industria petrolera, a una entidad económica regulada por el Estado, se podría obligar a PEMEX a asumir un compromiso ambiental mucho más claro y eficaz. No obstante, para ello se requeriría trazar una línea entre entidades de Estado y Estado, entre Estado regulador y entidades reguladas. Hasta el momento, la línea entre reguladores y regulados en México en todos los sectores ha sido tenue, cuando no inexistente.

Ahora bien, ¿debe soportar el estado todos los costos de inversión de proyectos de infraestructura energética tendiente al combate del cambio climático? ¿O debe fomentarse la participación una mayor participación de la iniciativa privada para financiar estos proyectos? La respuesta económica a estas preguntas rebasan los alcances de este trabajo, cuyo propósito ha sido demostrar los obstáculos normativos, dentro de la estructura de los llamados «monopolios» para realizar esta suerte de políticas públicas.

G. Bibliografía

a) Libros

Carreón Rodríguez, Víctor (2010), «La arquitectura de mercado del sector eléctrico mexicano», *Cuaderno de Trabajo*, Centro de Investigación y Docencia Económicas (CIDE), México.

Cortés Campos, Josefina (s/f), «El marco normativo de la utilización de las energías renovables», trabajo inédito.

Hernández Ochoa, César (2008), *La reforma cautiva. Inversión, trabajo y empresa en el sector eléctrico mexicano*, México, D.F., Centro de Investigación para el Desarrollo, A.C.

Martínez, Julia y Adrián Fernández (comp.) (2004), *Cambio climático: una visión desde México,* Instituto Nacional de Ecología (SEMARNAT), México.

Melgar, Lourdes (2010), «México ante la redefinición de la energía a nivel mundial» en *Los retos internacionales de México: Urgencia de una mirada nueva,* Coord. Guadalupe González y Olga Pellicer, Siglo XXI Editores (trabajo en proceso de publicación), México.

McKinsey/Centro Mario Molina (2008), «Low Carbon Growth: a Potential Path for Mexico».

Peralta, Óscar (2008), «Cambio climático y seguridad nacional [folleto]», Cámara de Diputados, LX Legislatura, PNUD, Centro de Colaboración Cívica, Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente, Centro Mexicano de Derecho Ambiental, Comisión de Estudio del Sector Privado para el Desarrollo Sostenible, México.

Roldán Xopa, José (2004), *Constitución y mercado*, Porrúa, México.

b) Documentos en Internet

Carreón Rodríguez, Víctor G., Armando Jiménez San Vicente y Juan Rosellón, en «The Mexico Electricity Sector: Economic, Legal and Political Issues», *Working Paper 5* [en línea], Palo Alto, Stanford University, 2003 <iis-db.stanford.edu/evnts/1565/Mexico.pdf>.

Morán, Tzitzi, «Petróleos Mexicanos: del monopolio a la gobernancia de empresa», Observatorio Político de América Latina y el Caribe [en línea], <www.sciencespo.fr/opalc/content/petroleos-mexicanos-del-monopolio-la-gobernancia-de-empresa>.

c) Sitios de Internet

- Centro de Estudios de las Finanzas Públicas (México) [en línea], <www.cefp.gob.mx/intr/edocumentos/pdf/cefp/.../cefp0512008.pdf>.
- Comisión Federal de Electricidad (México) [en línea], <www.cfe.gob.mx/sostenibilidad/responsabilidadambiental/Paginas/Loquehacemos2.aspx>.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) [en línea], <www.oecd.org/dataoecd/46/47/21022503.pdf>.
- Senado de la República (México) [en línea], <www.senado.gob.mx/reforma_energetica/content/foros/index_foros.htm>.

- Secretaría de Energía (México) [en línea], <www.sener.gob.mx/res/0/Metodologia_Externalidades.pdf>.

d) Instrumentos legales, normativos o de planeación

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (México) [en línea], <www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1_240217.pdf>.
- «Diagnóstico: situación de Pemex», presentado por la Secretaría de Energía y PEMEX. Antecedió la presentación del paquete de reformas legislativas de Felipe Calderón. Dicho diagnóstico es la fotografía de PEMEX que pretende dar razón a las reformas normativas [en línea], <www.pemex.com/files/ content/situacionpemex.pdf>.
- Estrategia Nacional de Energía (México) [en línea], <www.gob.mx/sener/documentos/estrategia-nacional-de-energia>
- Ley para el Aprovechamiento sostenible de la Energía (México) [en línea], <dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5070928&fecha=28/11/2008>.
- Ley Orgánica de Petróleos Mexicanos (abrogada) (México) [en línea], <www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/lopmos.htm>.
- Ley de Petróleos Mexicanos (México) [en línea], <www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LPM_110814.pdf>.
- Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (abrogada) (México) [en línea], <www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/lspee/LSPEE_abro.pdf>.
- Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (México) [en línea], <www.senado.gob.mx/comisiones/energia/docs/marco_LAERFTE.pdf>.
- Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029 (México) [en línea], <www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/44328/Prospectiva_del_Sector_Electrico.pdf>
- Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico 2010-2024 (México) [en línea], <www.amdee.org/Publicaciones/POISE-2014-2028.pdf>.
- Reglamento de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (México) [en línea], <www.cre.gob.mx/documento/1570.pdf>.
- Rodríguez, Israel, «Aplican a Pemex un plan obligatorio para reducir la quema o venteo de gas» (México) [en línea], La Jornada, lunes 28 de febrero de 2011, pág. 31. <www.jornada.unam.mx/2011/02/28/economia/031n2eco>.

Artículo IV.4
El sector energético en el contexto del cambio climático

Anisley Negrín Ruiz*
Universidad Central «Marta Abreu» de Las Villas (Cuba)

Introducción

La Propiedad Intelectual históricamente se ha ocupado de aquellas creaciones intelectuales del ser humano capaces de originarles a su titular, sea este el propio autor o terceras personas que las diferentes legislaciones reconozcan como tales, un grupo de derechos, morales y/o patrimoniales, nacidos todos de la propia creación, o mediante un acto administrativo formal de naturaleza registral; en cualquier caso, ejercibles únicamente por un período de tiempo.

Al hablar de contexto energético y, más específico aún, de insertar la Propiedad Intelectual en el contexto energético, encuentran su lugar creaciones como las invenciones, los modelos de utilidad, los modelos o dibujos industriales (todos tratados en el ambiente empresarial como «tecnologías»), así como los *software* y *know-how* incorporados a estas tecnologías y las marcas que los distinguen. Pero esta representación física no es más que una de las tantas manifestaciones que la tecnología puede llegar a tener.

La tecnología es, para la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), «un conocimiento sistemático para la manufactura de un producto, la aplicación de un proceso o la prestación de un servicio, ya sea que dicho conocimiento se refleje en una invención, en un diseño industrial, en un modelo utilitario, en una nueva variedad de fábrica, o en información o calificación técnica, o en los servicios o asistencia prestados por los expertos para el diseño, instalación, operación y mantenimiento de una fábrica, o para la dirección de una empresa industrial o comercial, o sus actividades» (Aroche Pérez, 1999).

Numerosas son las tecnologías que se crean y patentan hoy en día. Pero solo una parte de ellas están pensadas en función del desarrollo y el uso racional de la energía. En este sentido, estaríamos hablando de tecnologías respetuosas con el Medio Ambiente. El sistema de derechos de Propiedad Intelectual no distingue entre las tecnologías inocuas para el Medio Ambiente y las demás tecnologías. Esa no es su función. Sino que contribuye al desarrollo y a la difusión de nuevas tecnologías para combatir el cambio climático, en igual medida que en cualquier otro ámbito de la tecnología: fomenta la innovación y confiere a las empresas la confianza necesaria para conceder licencias sobre las tecnologías patentadas para su uso o perfeccionamiento donde más se necesiten. La manera de ponerla a disposición, de desarrollar y usar racionalmente la energía depende específicamente de los titulares de derechos, y de las normas y políticas nacionales que en este sentido implementen los Estados a favor de toda la comunidad internacional.

Acerca de tales titulares de derechos cabe señalar, entonces, que en la mayoría de los casos los creadores de tecnologías se encuentran vinculados a instituciones y empresas que hacen vida mercantil, convirtiéndose las mismas en activos de Propiedad Intelectual perfectamente transferibles a otras instituciones o empresas mercantiles que estén dispuestas a pagar por ellas. Impidiendo, de ese modo, el acceso a las mismas por aquellos países más necesitados y de menos recursos financieros, al menos mientras dure la protección que les brinda la Propiedad Intelectual. Dicha

* Contacto: Tel: (53) (42) 28 1273 ● C.E.: negrin@uclv.edu.cu.

protección puede variar de legislación en legislación, aun cuando responda a los principios descritos en tratados y convenios internacionales sobre la materia.

En cuanto a las normas y políticas nacionales que, en este sentido, implementen los estados en pro de un beneficio común, decir únicamente que no se trata de revertir el concepto que de la Propiedad Intelectual se tiene, sino de incorporar al mismo el sentido de «equilibrio» por el que las organización internacionales encargadas de la política de Propiedad Intelectual a nivel mundial están abogando.

Sobre la protección por la Propiedad Intelectual de las tecnologías energéticas y las alternativas posibles para equilibrar el respeto del derecho al titular y el acceso a aquellas que se vinculen al desarrollo y el uso racional de la energía, trata el siguiente estudio.

A. Principales titulares de derechos en materia de tecnologías energéticas

La titularidad de derechos de Propiedad Intelectual se manifiesta en dependencia de en manos de quién se encuentren tales derechos: si del creador de la tecnología o de un tercero legitimado para ello. Y en dependencia de la relación existente entre el creador y ese tercero; que puede ser contractual, en caso de tratarse de una cesión de derechos o una licencia de uso, exclusiva o no exclusiva, o de una relación jurídico-laboral, en caso de que estuviéramos hablando de una entidad empleadora y un trabajador asalariado. De ahí que puedan ser consideradas titulares tanto personas naturales como jurídicas.

La mayoría de las legislaciones coinciden en que los derechos sobre la patente pertenecen al inventor y, en su defecto, a los derechohabientes. Pero esta regla encuentra su excepción en el supuesto de que el inventor se encuentre involucrado en una relación contractual laboral.

Es decir, aunque en algunos casos el inventor pueda ser quien solicite la patente y a favor de quien esta sea concedida, en la mayoría de los casos el solicitante de la patente resulta ser con frecuencia la empresa o institución a la que está vinculado laboralmente el inventor, lo cual puede generar determinadas situaciones:

1ª. Con respecto a las invenciones de los empleados: En la legislación de muchos países, las invenciones desarrolladas durante el empleo se asignan automáticamente al empleador. En cambio, en otros, esto se hace solo si se pactó previamente en el contrato de trabajo, incluso si este responde a una proforma. Por ejemplo, a veces, en ausencia de contrato, el inventor puede conservar su derecho a explotar la invención, pero garantizándole al empleador un derecho no exclusivo de utilización interna[113].

2ª. Con relación a los contratistas independientes: Generalmente, éste es contratado por una empresa para desarrollar un nuevo producto o proceso, es titular de todos los derechos sobre su invención, a menos que se estipule por ley, o pacte entre ambas partes, lo contrario. Esto implica que, a menos que el contratista tenga con la empresa un acuerdo escrito mediante el cual se cedan todas las invenciones a la empresa en cuestión, no tendrá derechos de titularidad sobre lo que se desarrolle, pese a haber pagado para que tal desarrollo se llevara a cabo.

En el caso de nuestro ordenamiento jurídico, sería interesante —para ilustrar mejor la relación autor-titular en el marco de una relación de empleo— analizar algunos artículos del Decreto Ley 68, sobre Invenciones, Descubrimientos Científicos, Modelos Industriales, Marcas y Denominaciones de Origen, del 14 de mayo de 1983. Específicamente, los referidos al Certificado de Autor de Invención,

---

113 Los llamados *shop rights* del Sistema Jurídico británico.

documento mediante el cual se avala la protección de estas creaciones técnicas en Cuba en el ámbito de esta relación.

Se optará por Certificado de Autor de Invención cuando la invención sea hecha dentro del ámbito laboral, concediéndose este a nombre del inventor, pero perteneciendo al Estado (personificado en la empresa) los derechos exclusivos de explotación. Derechos exclusivos que se manifiestan mediante el *ius prohibendi* que le asiste al titular con respecto a terceros, los cuales deberán abstenerse de realizar actos relacionados con el invento protegido mediante Certificado de Autor de Invención sin previo consentimiento de la entidad o institución que cuente con la titularidad sobre el mismo. Este *ius prohibendi* constituye la esencia de la patente[114].

Para mantener la vigencia de un Certificado de Autor de Invención no es necesario el pago de tasas anuales, motivado quizás por el carácter de estatales que tienen la mayoría de las empresas cubanas que se instituyen como titulares de derechos, mientras que este pago se recoge como formalidad por ley para el caso del Certificado de Patente de Invención, a partir de la fecha de presentación de la solicitud hasta el término de su vigencia[115].

Otra cuestión importante de analizar es la relacionada con la extinción por no explotación. En este sentido el Certificado de Autor de Invención no caduca[116], aunque se puede cancelar de acuerdo con las causales del artículo 88, las cuales se resumen en:

a) una violación de los requisitos establecidos en el Decreto-Ley[117]
b) una indicación incorrecta del autor o de los coautores de la invención
c) la invención haya sido objeto con anterioridad de un Certificado de Autor de Invención, de un Certificado de Patente de Invención o de una solicitud, o
d) cuando ampara dos o más invenciones que deben ser objeto de Certificados de Autor de Invención independientes, en cuyo caso cada solicitud resultante conservará la fecha de presentación de la solicitud original.

También tenemos lo estipulado en el artículo 87, el cual nos remite al reglamento del Decreto-Ley Nº 68/83 para orientarnos en torno a cómo proceder cuando el titular de los derechos de explotación de la invención incumple con su obligación de explotarla en el plazo previsto.

---

[114] Al respecto, el Decreto-Ley Nº 68/83 en su artículo 74 establece que tal Certificado de Autor de Invención se concede a nombre del autor o de los coautores y acredita el reconocimiento de la solución técnica como invención, la paternidad sobre la invención, el derecho a la remuneración, la prioridad convencional y el derecho exclusivo del Estado sobre la explotación de la invención.

[115] El Artículo 60 establece, incluso, que el pago de las anualidades debe hacerse antes de que se inicie el año de vigencia correspondiente. Se concede una prórroga de seis meses para el abono de una anualidad vencida, pero el monto es el doble de la cantidad establecida.

[116] Establece el artículo 80 del Decreto-Ley Nº 68/83 que la duración de la vigencia del Certificado de Autor de Invención y del Certificado de Autor de Invención de Adición es ilimitada, a partir de la fecha de presentación de la solicitud.

[117] Este apartado se refiere a los requisitos de patentabilidad exigidos tanto a la hora de examinar una solicitud de Certificado de Patente de Invención como una solicitud de Certificado de Autor de Invención, a los que hacen referencia los artículos 40, 41 y 42 del propio Decreto-Ley Nº 68/83: la novedad, la actividad inventiva y la aplicabilidad industrial, respectivamente. En consecuencia, una invención se considera nueva si antes de la fecha de prioridad de la solicitud ésta no ha sido presentada en Cuba y la esencia de la misma no ha sido revelada de forma oral o escrita en la República de Cuba o en el extranjero para un círculo indeterminado de personas, hasta tal punto que sea posible su realización. Asimismo, no se considera revelada la invención, si dentro de los seis meses anteriores a la fecha de prioridad, el solicitante exhibe la misma en una exposición internacional oficial u oficialmente reconocida. Por su parte, se considera que una invención posee una actividad inventiva, si sus características distintivas esenciales superan las soluciones técnicas conocidas y si además, dicha invención no se deriva de manera evidente del estado de la técnica.

Tal reglamento queda recogido en la Resolución Ministerial Nº 999, correspondiente a junio de 1983, el cual en su Resolutivo XIV establece que los titulares de las patentes de depósito e introducción deberán —en un término improrrogable de noventa días naturales a partir de la publicación de la presente resolución— comunicar mediante documento justificativo, que la misma se encuentra en efectiva explotación industrial y de acuerdo con las necesidades de la economía nacional, de lo contrario pasan automáticamente al dominio público.

En cuanto a la renuncia del titular, tenemos que al Certificado de Autor no se puede renunciar, de acuerdo con lo que dispone el artículo 96, sin mayores argumentos al respecto.

Y, como también la patente se considera un objeto de propiedad, vamos a ver que, en el caso de protección por Certificado de Autor, la invención pertenece al patrimonio del Estado cubano[118], correspondiéndole al inventor actuar como administrador de derechos y, por tanto, será la entidad estatal a la que ese inventor está vinculado laboralmente quien decida sobre la transmisión de la solución técnica en cuestión. No obstante, la personalidad jurídica y la titularidad de derechos que la ley reconoce a estas instituciones les permite «traspasar la explotación de la invención» a otra entidad que, como ella, puede ser un Organismo de la Administración Central del Estado, una empresa, una institución o un Órgano Local del Poder Popular. Pero la legislación no se refiere expresamente a la manera de hacer efectivo ese traspaso, si el mismo puede tener lugar mediante una cesión total o parcial de derechos, ni tampoco de la posibilidad de conceder licencias de uso (exclusiva o no exclusiva) a favor de terceros[119].

Por último, en cuanto a la duración de este derecho exclusivo contenido en la patente, tenemos que el Certificado de Autor de Invención es considerado legalmente como ilimitado en el tiempo, lo cual quiere decir que no caduca y, por tanto, nunca pasa a dominio público; de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 80.

Intentando garantizar, quizás, la máxima explotación posible bajo la supervisión del Estado como titular de estos certificados en última instancia; lo cual supone un conflicto a la hora de hacer valer el derecho de toda la sociedad a acceder a la información, la ciencia y la cultura, de acuerdo con lo que reza el apartado 2º del artículo 27 de la Declaración Universal de los Derechos Humanos, el cual, en su apartado 1º se refiere al derecho de los autores e inventores a que se les reconozca moral y patrimonialmente por sus obras e invenciones. En este caso, la ficción jurídica que embiste de titularidad originaria a las entidades empleadoras no está haciendo más que equiparándolas a la figura del autor/inventor; por lo que este apartado 1º del artículo 27 resulta válido para ellas.

Pudiera pensarse, al analizar ambos apartados, que los mismo entrañan una contradicción, pero la misma supuestamente se soluciona con el «dominio público». Es decir, el reconocimiento moral y patrimonial a los autores/inventores sobre sus creaciones se hará efectivo, pero solo por un tiempo determinado, pasado el cual la sociedad tendrá acceso libre de costo (o abonando una suma simbólica) y sin necesidad de autorización previa a tales creaciones. Pero en el caso del Certificado de Autor de Invención cubano, ese dominio público nunca tiene lugar; así que el utilizador se ve obligado a pagar y solicitar autorización para acceder a las invenciones protegidas bajo este certificado (la mayoría); a no ser que su ánimo no sea de lucro y se realice la utilización amparada en algunas de las limitaciones que establece la ley.

[118] Decreto-Ley Nº 68/83 artículo 84.

[119] En consonancia con los mismos, serán consideradas exclusivas las licencias que se concedan bajo la condición de que el licenciante no pueda otorgar otras licencias, ni explotar él mismo la invención. Y no exclusivas, cuando el licenciante sea libre de concertar otros contactos de licencias a terceras personas, sobre la misma invención patentada.

Esto, en el contexto del cambio climático, en momentos en los que se hace un llamado a los titulares de derechos en pos de una «renuncia», o al menos de una mayor flexibilidad en el ejercicio de los mismos, a fin de compartir tecnología ecológica para una óptima utilización de la energía, constituye una barrera.

B. Propiedad intelectual y su papel frente al cambio climático

El propósito de poner en el mercado internacional una invención que sea eficaz, de uso comercial y viable desde el punto técnico, nunca puede ser resultado de emplear un único método, pues lo habitual es que sea necesaria la contribución de muy diversas fuentes. El lanzamiento de un nuevo artículo requiere que las empresas deban negociar licencias y otros mecanismos de uso de las invenciones pertenecientes a terceros.

Ello obliga también a dedicar ingentes esfuerzos para encontrar las tecnologías óptimas. Por ello, la comunidad internacional centra su debate hoy en la forma idónea de organizar los mecanismos de innovación y de difusión de la tecnología.

Teniendo en cuenta que las invenciones están amparadas por derechos de Propiedad Intelectual, en particular por patentes, el debate internacional en pro de la organización de los mecanismos de innovación y difusión de la tecnología se torna álgido en torno a la manera más adecuada de administrar y regular los derechos de Propiedad Intelectual, de forma que se puedan obtener resultados óptimos, tanto para los innovadores como para la sociedad. O sea, que en las políticas y estrategias de Propiedad Intelectual diseñadas por los diferentes países, en concordancia con los tratados internacionales firmados y con sus propios ordenamientos internos, deben quedar reflejadas estas prioridades.

Las instancias competentes se esfuerzan por encontrar los mecanismos de colaboración más apropiados y otros medios que permitan poner en común las tecnologías inventadas. En torno a este tema han surgido ideas tan eficientes como:

a) el consorcio de patentes;
b) el fondo común de patentes gratuitas;
c) la innovación de código abierto;
d) los convenios de licencia abierta, y
e) los compromisos de renuncia a las acciones judiciales por infracción de los derechos de patente, entre otras iniciativas[120].

Estos mecanismos presentan, por lo general, un carácter voluntario y han sido ideados por los propios titulares de las tecnologías, quienes comprenden que el provecho de poner en común tecnologías de diversas fuentes supera la ventaja inmediata que se derivaría de restringir el uso de esas invenciones[121].

Pero existen también otras vías que no esperan por la buena voluntad de los titulares de derechos de Propiedad Intelectual, como los mecanismos de reglamentación directa; o sea, la licencia

---

120 *Eco-Patents-Common. Compartir puede ser la solución.* Revista de la OMPI, Nº 3, Ginebra, Suiza, junio de 2009, pág. 11.

121 Tales beneficios toman cuerpo, muchas veces, en las redes de intercambio de derechos de Propiedad Intelectual sobre determinada tecnología, donde el pago por adquirirlos se hace efectivo mediante la cesión de derechos de Propiedad Intelectual sobre otra tecnología, necesaria para el transmisor. De ese modo, transmisor y adquirente ganan. Sobre este aspecto se volverá más adelante.

obligatoria y la autorización de uso que concede el Estado, por los cuales las tecnologías patentadas quedan supeditadas al interés general.

La licencia obligatoria: es una posibilidad que se ha venido utilizando, mayormente, en el área de la salud pública, aunque no se conocen ejemplos recientes en lo que respecta a las medidas para combatir el cambio climático. Pero atendiendo a la magnitud que va cobrando este, deberá considerarse por parte de los operadores del Derecho el recurrir a esta institución.

La legislación cubana regula la figura de la licencia obligatoria vinculada al Certificado de Patente de Invención, que se concede al inventor autónomo que llegó al resultado patentable sin ningún tipo de vínculo laboral con entidad empleadora alguna. El Decreto-Ley Nº 68/83 hace un aparte para establecer, en su artículo 69, que el Director de la Oficina Cubana de la Propiedad Industrial, a instancia de un tercero, tiene derecho a otorgar la concesión de una «licencia obligatoria» para la explotación de una invención protegida por un Certificado de Patente de Invención, si no se encuentra en explotación, si es de importancia para la economía nacional, o si no se ha podido llegar a un acuerdo con su titular.

Es decir, aquí se superpone la necesidad de acceder a una patente que no se explote adecuadamente, o que su explotación sea demasiado exclusiva de su titular, o incluso se sobreentiende el hecho de que tal acceso resulte costoso, al ejercicio del derecho de propiedad con el que cuenta su titular. Pudiendo ser ese tercero una persona jurídica o el propio Estado cubano.

Como se puede comprobar, poner en práctica tales mecanismos de colaboración no es tarea fácil, sobre todo por la incertidumbre que impera en torno a las tecnologías que se consideran más importantes y a las circunstancias que obstaculizan su difusión.

De ahí que a la hora de hablar de una «puesta en práctica», deberán ser consideradas las cuestiones como: la realización de un diagnóstico de la situación que tiene lugar actualmente, la naturaleza del consorcio de patentes y sus fines, el ámbito de las tecnologías en cuestión, el régimen jurídico de estos acuerdos, los incentivos para participar de los mismos, así como la función que deben cumplir los organismos reguladores[122].

1. Iniciativas internacionales en torno al acceso a tecnologías

Ahora, todas estas opciones o alternativas entrañan consecuencias jurídicas que se diferencian en grado sumo de los aspectos prácticos de las mismas. Esto resulta obvio. Como mismo lo es el hecho de que ninguna de ellas servirá por sí sola para satisfacer las exigencias en materia de desarrollo y difusión de las tecnologías necesarias para contrarrestar el cambio climático.

Por ejemplo, con respecto al **consorcio de patentes** hay variedad de regímenes, aunque el denominador común es que los titulares se comprometen a cederse recíprocamente las respectivas licencias, por lo cual en algunos casos la figura se denomina también «contrato de licencia reciproca». Por lo general las patentes tienen por objeto un campo previamente determinado o, en su defecto, pueden corresponder a más de uno. No obstante, el consorcio de patentes de carácter «cerrado», donde el intercambio tenga lugar solo entre unos pocos, constituiría una traba para la difusión de la tecnología. En algunos casos, esta clase de compromiso podrá atraer la atención de las autoridades encargadas de velar porque se mantenga una competencia lícita, principalmente cuando queda excluida la posibilidad de competir a quienes no pertenecen al consorcio. Por otra parte, el consorcio

122 Véase al respecto, Compartir tecnología en pro del interés general. Panorama del consorcio de patentes, el fondo común de patentes gratuitas y la innovación abierta. Revista de la OMPI, Nº 2, especial por el Día Internacional de la Propiedad Intelectual, Ginebra, Suiza, junio de 2009, pág. 6.

de patentes de tipo «abierto» permite que cualquiera pueda hacer uso de las tecnologías puestas en común por los titulares de las patentes, perdiéndose un poco el control de en manos de quién queda la tecnología en tanto la misma es vulnerable y susceptible de que se cometan violaciones de derechos.

Una variante por la que se está apostando actualmente en el ámbito internacional lo constituye la creación de un **fondo común de patentes gratuitas**. Esta figura es de alcance más amplio que el consorcio, pues los titulares se comprometen a poner en común sus invenciones patentadas para que puedan ser usadas en general sin previo pago de regalías, aunque supeditado a determinadas condiciones generales; por ejemplo, se suele acordar que no se reclamarán los derechos correspondientes a las invenciones que se obtengan por la vía de utilizar las patentes que son objeto del fondo común. Una muestra de ello lo constituye la *Eco-Patent Commons*[123], gracias a la cual se ponen a disposición del público patentes de inventos que son provechosos para la conservación del Medio Ambiente. Los partícipes en el proyecto se obligan expresamente a desistir de las acciones judiciales por infracción de la patente, a condición de que las invenciones se empleen con fines provechosos para la conservación del Medio Ambiente. De entre esos fines se destacan particularmente la reducción o eliminación del consumo de recursos naturales y la reducción o eliminación de la producción de residuos y de la contaminación.

Al respecto, W. BALTA, Vicepresidente de Asuntos Ambientales y Seguridad de los Productos en IBM, apunta que, «en el marco de un proyecto de estudio de la empresa sobre energía e innovación de un año de duración, se llegó a la conclusión de que muchas empresas poseen activos de propiedad intelectual que quizás ni saben que tienen, y que ciertamente nadie fuera de la empresa puede saber que existen. Gran parte de esta tecnología podría ser utilizada no sólo por otras empresas sino como una herramienta para fomentar la innovación»[124].

También está la **licencia de pleno derecho**. En algunos países existe esta figura, por la cual se abaratan las tasas oficiales en favor de aquellos titulares de patentes que se comprometen a poner la invención patentada a disposición de quien solicite la licencia, con arreglo a condiciones que pueden ser pactadas por las partes o, en su defecto, establecidas por las autoridades.

Y como mismo esta licencia de pleno derecho, se dan la **renuncia a las acciones por infracción de los derechos de patente** y **la licencia con fines humanitarios o preferentes**. En el primero de los casos, en vez de cancelar la patente, los titulares pueden optar por la vía de poner la invención a disposición del público mediante un compromiso formal de que no ejercerán las acciones judiciales que les correspondan por infracción de los derechos de patente contra quienes hagan uso de la tecnología respectiva. Dicho compromiso puede restringirse a determinados usos de la invención —como cuando se utiliza con fines de conservación del Medio Ambiente—, limitarse a determinadas zonas geográficas, o supeditarse a que la persona que hace uso de la invención se comprometa a mejorarla o a realizar invenciones derivadas de ella en condiciones semejantes, todo ello siguiendo el espíritu del concepto de bien público y beneficio común.

Ya para el segundo de los casos, se estipulan condiciones sumamente favorables, e incluso gratuitas, a favor de determinados beneficiarios, por ejemplo, personas de los países en desarrollo, entre otros.

---

123 Fondo común administrado por el Consejo Empresarial Mundial de Desarrollo Sostenible (WBCSD), el cual surge gracias a una idea de IBM, la empresa que posee el mayor número de patentes a nivel mundial.

124 *Eco-Patents-Common. Compartir puede ser la solución*, Revista de la OMPI, Nº 3, Ginebra, Suiza, junio de 2009, página 12.

Otra institución que contribuye a la compartición de derechos de Propiedad Intelectual sobre tales tecnologías es el **dominio público**. Esta constituye la forma más natural de conseguir la transmisión y difusión de las tecnologías. Es decir, una vez que transcurra el período de vigencia de la tecnología protegible por la Propiedad Intelectual, los derechos sobre ella caducan para su titular y esta puede ser adquirida, utilizada, modificada y mejorada libremente por la sociedad destinataria de la misma.

Ahora, suele ocurrir que las invenciones se patenten en un número más bien reducido de países y que se coloquen efectivamente en el dominio público en los demás países una vez que se publican las respectivas solicitudes de patente. Una forma muy sencilla de que las nuevas invenciones obren en el dominio público es publicarlas o, en su defecto, darlas a conocer al público por otros cauces, con lo cual cualquiera podrá hacer uso de ellas sin constreñimiento jurídico alguno, salvo aquellos casos evidentes en que estén en juego las cuestiones relativas a la salud o la seguridad, la protección del Medio Ambiente, las de orden ético, u otro tipo de disposiciones legales[125].

Por último, tenemos a la **innovación abierta**, el **código abierto**, la **red de trabajo mancomunado voluntario** y la **innovación distribuida**. En este caso se trata de conceptos afines que designan los mecanismos de innovación que se destacan por el espíritu de colaboración de las partes. La expresión «código abierto» tiene su origen en un método de realización de programas informáticos, por el cual se permite que el código fuente del programa pueda ser conocido por los demás, de forma que estos puedan usar y adaptar el programa, así como distribuirlo nuevamente, ya sea en su forma original, o con modificaciones. Por analogía se aplica también actualmente la denominación «código abierto» a otros campos de la innovación en los cuales se constituye una plataforma tecnológica que permita a los demás usar y adaptar las invenciones y gracias a ese medio, a su vez, las invenciones puedan ser compartidas.

Por su parte, la expresión «innovación abierta» designa un mecanismo de características semejantes, pero más amplio, por el cual se agrupan numerosas empresas o entidades para aprovechar las asociaciones y colaborar con otras partes que trabajan en tecnologías afines. A ello se contrapone la «innovación cerrada», en la cual las empresas o entidades competirían entre sí.

Atendiendo a lo antes expuesto, podríamos verlo así: la innovación abierta se basa en combinar las ideas de la empresa con las ideas pertenecientes a terceros, así como los canales comerciales propios y ajenos con el fin de fomentar la invención de nuevas soluciones técnicas.

Ahora, la «red de trabajo mancomunado voluntario», también conocida como «producción social», designa una forma de producir en la que interviene las redes de colaboración, las cuales carecen de jerarquía preestablecida, sino que se constituyen para cumplir un fin común. Mientras que por «innovación distribuida» se entiende la labor innovadora en que se suman las labores productivas realizadas en forma de trabajo en redes que abarcan a distintas empresas, instituciones y particulares. De acuerdo con algunas opiniones estos mecanismos de innovación pueden aplicarse a algunos aspectos de la innovación en materia de lucha y adaptación a los problemas que acarrea el cambio climático.

Resumiendo, podríamos decir que se conocen numerosas y distintas formas de emplear la tecnología. Por lo que la necesidad de innovar incluye la adaptación de los conocimientos existentes, así como inventar métodos novedosos. Como consecuencia de ello, las necesidades de los países en desarrollo en materia de transferencia y difusión de la tecnología están llamadas a cambiar

---

[125] Sobre el dominio público nuestra legislación no abunda, solo el artículo 98 del Decreto Ley 68/83 hace referencia al mismo, al estipular que los Certificados de Patentes de Invención y los Certificados de Patente de Invención de Adición caducados, pasan de pleno derecho al dominio público.

rápidamente, al compás de los adelantos técnicos y de los efectos que se deriven del cambio climático. Lo cual demuestra que por sí solo ningún mecanismo de innovación ni de difusión de los adelantos técnicos será suficiente, ni desde el punto de vista teórico, ni en lo que se refiere a las medidas prácticas. Las instancias competentes y el mundo de la empresa deberán examinar el amplio espectro de posibilidades que ofrecen los adelantos técnicos en lo que se refiere al desarrollo y el uso racional de la energía, buscando la forma más conveniente de estimular el espíritu de labor colectiva.

Un ejemplo del por qué de la urgencia en cuanto a la toma de medidas con respecto a compartir tecnologías lo brinda la propia Agencia Internacional de la Energía, la cual calcula que, de aquí a 2020, el 60% de las emisiones de gases de efecto invernadero provendrá de economías en transición y de países en desarrollo.

Por lo tanto, será preciso que se produzca la transferencia de tecnología de los países desarrollados a los países en desarrollo, y cada vez más entre países en desarrollo. Entre las posibles estrategias que están siendo analizadas en el seno de la Organización de Naciones Unidas se encuentran los mecanismos de financiación, la creación de capacidades, las redes de investigación internacionales, las alianzas de cooperación entre el sector público y privado y el uso de acuerdos comerciales bilaterales y multilaterales para crear incentivos[126].

En este contexto, la Propiedad Intelectual está llamada a servir de fuente de información tecnológica, fundamentalmente, al resultar, la información sobre patentes, de gran utilidad. Los documentos de patente publicados constituyen una fuente amplia y gratuita de información tecnológica en la que pueden basarse otras personas. El análisis detallado de las patentes concedidas en el ámbito de las tecnologías energéticas alternativas también puede usarse, por ejemplo, para conocer con qué ritmo y en qué dirección se mueve la innovación y definir la evolución futura en esa esfera.

Recientemente, parlamentarios europeos propusieron elaborar un estudio sobre la viabilidad de modificar el Acuerdo sobre los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual Relacionados con el Comercio (ADPIC), con el fin de permitir la concesión de licencias obligatorias sobre tecnologías «necesarias desde el punto de vista medioambiental». Sin embargo, en otros análisis se ha llegado a la conclusión de que uno de los obstáculos más relevantes en la transferencia de las tecnologías inocuas para el clima es la falta de protección de los derechos de Propiedad Intelectual en algunos países en desarrollo.

Eso sería un obstáculo a vencer, la falta de una conciencia proteccionista sobre este conjunto de facultades que hacen posible (y viable) la transferencia tecnológica.

C. Panorama energético cubano

La situación actual de Cuba en materia de energía se encuentra en el centro del proceso de recuperación, luego de disueltos los acuerdos comerciales con la antigua Unión Soviética para la importación de crudo y productos derivados del petróleo.

Actualmente, la situación energética cubana se caracteriza por un déficit en el acceso a servicios energéticos costeables, especialmente en zonas rurales, la carencia de financiamiento para realizar importaciones de energía, mejoras y expansión de la infraestructura energética, así como una coordinación institucional que no es la más adecuada.

---

126 Véase *World Energy Council*, «Declaración del Consejo Mundial de la Energía: Generar nuevo Impulso», Londres, 2008.

La estructura organizacional del sector energético en Cuba difiere de la de otros países, al no contar con un Ministerio de Energía, sino que es el Ministerio de Economía y Planificación quien dirige las políticas económica y energética, el cual cuenta con un Consejo Asesor en Materia de Energía, encargado de promover la eficiencia energética y las fuentes renovables de energía, así como de proponer normas jurídicas dirigidas a mejorar la eficiencia energética en el marco económico nacional.

Este Consejo Asesor en Materia de Energía está conformado por una representación de los más importantes Órganos de la Administración Central del Estado (OACE):

El sector energético incluye, además, las asociaciones con ENERGAS y GENPOWER, las cuales son productores independientes que contribuyen a la generación de electricidad en la Isla de la Juventud, así como la participación de cuerpos del gobierno como la Comisión de Industria y Energía dentro de la Asamblea Nacional del Poder Popular, órgano que corre a cargo con la función legislativa dentro del país, y el Consejo de Estado, representando el poder ejecutivo, comprendiendo un significativo número de ministros.

Desde 1959 Cuba ha experimentado una serie de profundos cambios económico-sociales, dentro de los que se encuentra el afrontar el éxodo de especialistas cubanos, doctores y técnicos, lo cual unido a la carencia de piezas de repuesto para el equipamiento de muchas industrias nacionales, ha forzado tanto a los especialistas como a los técnicos que permanecen en el país a confiar más en su ingenio y realizar la adaptación de tales industrias a las condiciones del hoy, para así contribuir a que estas se mantengan trabajando.

Ahora, dentro de las tecnologías «made in Cuba» para el desarrollo sostenible tenemos: la conversión de la caña de azúcar, la cogeneración energética, las tecnologías para la producción y uso del alcohol, la producción de carbón vegetal y el resto de los combustibles provenientes de la madera, la producción de biogás, así como las tecnologías relacionadas con la actividad petrolífera, dentro de las que se encuentran: la refinería de petróleo, el uso del gas asociado y el transporte de combustible.

No obstante, no debemos hacer oídos sordos al análisis de las organizaciones internacionales como la OMPI, Naciones Unidas y la OMC en cuanto a que los países en vías de desarrollo, como lo es Cuba, deberán saltarse una o dos generaciones en materia de tecnologías, para no caer en la trampa de los combustibles fósiles y valorar como una opción más favorable el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía.

A pesar de las significativas reducciones en el consumo energético que ha venido experimentando el país, gracias a la implementación de una serie de programas que promueven la eficiencia energética y el uso racional de la energía, sobre todo en el sub-sector de la electricidad, las estructuras económicas imperantes favorecen el consumo. Por lo que entre las mayores prioridades en materia de política energética a favor de un desarrollo sostenible son de corte legal, estandarizadoras, regulatorias, institucionales y de planificación y control.

Los impactos negativos resultantes de los sistemas energéticos representan la mayor preocupación para las autoridades cubanas. La alta cuota de combustibles fósiles en la matriz energética cubana deviene en grandes emisiones de contaminantes. Debido a ello, Cuba ha asimilado tecnología extranjera y, como se ha visto ya, ha desarrollado sus propias tecnologías. Y aunque nuestro país cuenta con una muy limitada base de recursos energéticos, el éxito de la implementación de una serie de políticas, que actualmente se encuentran vigentes, y su supervisión para el desarrollo de recursos humanos calificados y tecnologías adecuadas proporcionan una excelente oportunidad para el país de alcanzar un mayor nivel de desarrollo energético sostenible. Todas ellas teniendo en

cuenta criterios de sostenibilidad en materia de desarrollo energético, definidos por nuestros expertos como las mayores prioridades.

D. El papel de la propiedad intelectual: sus desafíos

La Propiedad Intelectual, como disciplina encargada de describir los derechos que le asisten a los titulares de las tecnologías que van surgiendo en torno a la utilización de la energía, en el marco del cambio climático que experimenta el planeta, como mismo a los titulares de cualquier otro tipo de tecnologías, enfrenta un gran reto: el de permitir el acceso a esas tecnologías más revolucionarias, por parte de la sociedad necesitada de implementarla para reducir el consumo energético y, por consiguiente, contribuir a mitigar los efectos del cambio climático.

Habida cuenta de que:

a) sobre las tecnologías energéticas respetuosas para con el Medio Ambiente pesan derechos de Propiedad Intelectual, específicamente derechos de patentes, y el *ius prohibendi* constituye la esencia de la patente;
b) los principales titulares de patentes vienen a ser las entidades e instituciones —sean industrias, empresas o centros de investigación y desarrollo—, dentro de las cuales se llegue a esas tecnologías novedosas;
c) las mismas resultan en muchos casos costosas, y el acceso se dificulta; siendo necesario esperar al vencimiento del plazo de protección legal para que estas pasen a ser de dominio público, y el contexto energético contemporáneo no nos da la posibilidad de esperar;
d) dichas tecnologías, comúnmente, son objeto de transferencia de una entidad a otra, dentro del ámbito nacional, pero principalmente desde entidades extranjeras hacia nuestro país; y
e) esas entidades en nuestro país presentan, por lo general, carácter estatal, pero también pueden adquirir forma de empresas mixtas, o empresas con capital totalmente extranjero.

La política en materia de administración y desarrollo de la Propiedad Intelectual en Cuba está llamada, primeramente, a reconsiderar la inclusión de un más fácil acceso a dichas tecnologías energéticas respetuosas para con el Medio Ambiente en las regulaciones específicas de esta materia.

No es menos cierto que en la práctica el Estado cubano siempre ha priorizado los intereses comunes por encima de los individuales; pero no se ha hecho la distinción necesaria entre patentes relacionadas con las tecnologías energéticas y las que no lo son. Distinción necesaria si optamos por un tratamiento diferenciado.

Tal tratamiento debe partir por reformular la legislación en esta dirección, y la normativa relacionada con la Propiedad Intelectual vigente no refleja alternativa alguna que posibilite ese fácil acceso a dichas tecnologías energéticas.

El Decreto-Ley 68 de Invenciones, Descubrimientos Científicos, Modelos Industriales, Marcas y Denominaciones de Origen, correspondiente al año 1983, incluye la figura de la licencia obligatoria a instancia de un tercero, como bien se dijo, en su artículo 69, para el caso de aquella invención protegida mediante Certificado de Patente de Invención, condicionada a la no explotación de la misma, a la «importancia» que revista la misma para la economía nacional y al caso en que no se logre un acuerdo con su titular. Artículo que pudiera aplicarse en caso de tecnologías energéticas, si así lo estima pertinente la autoridad judicial competente para conceder tales licencias. Pero esta

alternativa constituiría una opción casuística y poco viable para suplir la necesidad de acceso a más de un tercero, como es muy probable que ocurra.

También queda reflejada, en este Decreto-Ley, la transferencia tecnológica, principal vía de acceso. Con respecto a este tópico, cabe decir que la política de transferencia de tecnología en Cuba tiene como propósito fundamental la transformación y modernización de las capacidades tecnológicas actuales, con miras a desarrollar nuevas y diversas actividades productivas y de servicios. Por lo que la legislación vigente, reguladora de esta materia, no permite que se impongan cláusulas restrictivas en los contratos de transferencia de tecnología que se concierten. Como tampoco se aceptan tecnologías obsoletas, o no ecológicas, ni la imposición de pagos excesivos por concepto de regalías, cuidando así de no dañar nuestros intereses y el éxito de nuestras negociaciones.

Los objetivos fundamentales de la política cubana se basan en el fortalecimiento y la modernización de la base tecnológica nacional, que propicie un mayor desarrollo socioeconómico, combinando adecuadamente la adquisición de tecnología de avanzada, adaptada (o adaptable) a las necesidades del país, con la promoción de la generación nacional de tecnología y su rápida difusión en el ámbito empresarial, a fin de exportarlas y que propicien el acceso de los productos cubanos a otros mercados, para la necesaria captación de divisas para el país.

Un punto cardinal, por el cual se está trabajando, es el de promover la transferencia de tecnologías ecológicamente racionales, que favorezcan la protección del Medio Ambiente y el uso sostenible de los recursos naturales, y garantizar que estos procesos se desarrollen en correspondencia con las obligaciones contraídas por Cuba, a partir de su plena incorporación a la Organización Mundial del Comercio[127].

La manera más clara de percibir la política nacional en este sentido se evidencia en el establecimiento de una serie de normas jurídicas relacionadas con el tema de la transferencia de tecnología, dentro de las cuales podemos encontrar:

a) el Decreto-Ley 68 «De invenciones, descubrimientos científicos, modelos industriales, marcas y denominaciones de origen» del 14 de mayo de 1983;
b) la Ley No. 77, «Ley de Inversión Extranjera», del 5 de septiembre de 1995, y
c) la Resolución N° 13, del 2 de mayo de 1998, del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente de Cuba.

En cuanto a la inversión extranjera, la Ley 77 establece que, a los fines de la misma, los derechos de Propiedad Intelectual y otros derechos sobre bienes intangibles, constituyen una aportación en el marco de un proyecto inversionista, dejando al Decreto Ley 68 lo referente a su protección. Y la valoración de estas aportaciones quedará al convenio pactado por el conjunto de inversionistas que intervengan en el proceso.

El Decreto Ley 68, además de regular los derechos y obligaciones que surgen de la creación, el registro y el uso de las invenciones, establece una serie de cláusulas prohibitivas o limitantes en los contratos de transferencia de tecnología[128].

---

[127] Tal vínculo se manifiesta, entre otras acciones, con la suscripción de los Acuerdos sobre los Aspectos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio, ADPIC, administrados por la OMC desde 1994. Lo cual constituye una muestra de los esfuerzos cubanos por lograr un marco adecuado de protección de las modalidades de la Propiedad Intelectual susceptibles de transmisión.

[128] El artículo 184 inciso c) establece que no constarán en estos convenios a aquellas normas que, por ejemplo: impongan la obligación unilateral de ceder de forma onerosa o gratuita las invenciones, modelos industriales, mejoras y perfeccionamientos técnicos y las informaciones técnicas al respecto; impongan al cesionario la obligación de comprar al cedente original las futuras invenciones y perfeccionamientos de la tecnología, salvo cuando involucren marcas que no

A la hora de efectuar procesos de transferencia de tecnología desde o hacia Cuba, no se permite concertar un contrato que incluya cláusulas como las anteriores; a no ser que se le solicite al Consejo de Estado autorización expresa para admitir, como excepción, la inclusión de cualquiera de las previstas.

Como puede verse, estamos frente a prohibiciones o limitación de aplicación general a cualquier acuerdo de transferencia tecnológica, sin hacer referencia explícita al régimen que habrá de seguirse para con las tecnologías energéticas.

Esta situación se solventa en cierta medida en el caso de las inversiones extranjeras, mediante la organización, en los casos que así lo ameriten, por parte del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, de Comités de Expertos destinados a llevar a vías de hecho una evaluación rigurosa de todos los aspectos tecnológicos de la inversión, dentro de los que entraría a valorarse el aspecto energético.

Pero pese a estar regulado legalmente el aspecto de la transferencia tecnológica, y se habla de una flexibilidad en las cláusulas de los acuerdos de este tipo que se suscriban, nos sigue afectando la cuestión del «cómo explotar», considerando estas alternativas que van cobrando auge internacionalmente como son el consorcio de patentes, el fondo común de patentes gratuitas, la concesión de licencias de pleno derecho, o aquella con fines humanitarios, la innovación abierta y demás.

Por lo tanto, la política en materia de Propiedad Intelectual en Cuba, también está llamada a fomentar estas alternativas de transferencia.

Pero, hay otras cuestiones que dificultan los acuerdos de transferencia de tecnología, como es el caso de la no protección, acompañada en muchas oportunidades del desconocimiento de los derechos de Propiedad Intelectual que le asisten a creadores y entidades empleadoras, estas últimas en ocasión de tecnologías creadas en el marco de una relación contractual laboral.

---

son propiedad del cedente; prohíban el uso de tecnologías complementarias, bien porque impliquen el uso de invenciones protegidas, conocimientos técnicos o procedimientos técnicos de otras fuentes, bien porque se apliquen a la venta o fabricación de productos competidores, o que tengan otras marcas, o nombres, o ambos; establezcan plazos excesivos de vigencia, prórrogas automáticas, o pagos durante un período que exceda al de la vigencia de los documentos de protección; impidan al cesionario impugnar por vía administrativa o judicial los derechos e invenciones, marcas y modelos industriales obtenidos en el país del cesionario o en otros de su interés; transfieran al cesionario la responsabilidad, incluida la financiera, de conservar los derechos de invenciones, modelos industriales y marcas concedidos en los países de interés; impongan, como requisito, pagos por concepto de invención, marcas o modelos industriales no registrados en el país del cesionario; establezcan el derecho del cedente a percibir regalías del cesionario, por invenciones, marcas y modelos industriales no susceptibles de ser utilizados o con poco valor económico, o posean efectos equivalentes; establezcan limitaciones a la difusión y la ulterior utilización de una tecnología ya importada, o violen cláusulas contractuales sobre difusión; impongan al cesionario la utilización del personal designado por el cedente, salvo en la medida necesaria para asegurar la eficiencia de la fase de transmisión de la tecnología; establezcan restricciones relativas a la fijación de los precios; establezcan disposiciones destinadas a restringir las actividades de investigación y desarrollo técnico del cesionario; exijan que el cesionario conceda la exclusividad de las ventas, o de los derechos de representación, excepto en los casos de acuerdos de su contratación, o de fabricación, que las partes hayan convenido; restrinjan la propaganda o publicidad del cesionario; impidan o entorpezcan la exportación imponiendo limitaciones territoriales o cuantitativas y exigiendo la aprobación previa de la exportación, o sus precios, en aquellos mercados que ya se esté explotando; impidan al cesionario la adaptación y mejoras de la tecnología importada; impongan al cesionario la utilización de métodos de control de la calidad o normas que el cesionario no necesite o desee, salvo cuando el producto lleve una marca de fábrica o servicio o nombre comercial del cedente; obliguen a utilizar una marca de fábrica o servicio o nombre comercial determinado, cuando se haga uso de la tecnología proporcionada; restrinjan el alcance, volumen y capacidad de producción, o el campo de actividad, o impongan la obligación de comprar tecnología en forma de paquete, o con vinculaciones inaceptables.

La base de datos de la Oficina Cubana de la Propiedad Intelectual, contempla patentes concedidas en relación con la energía desde 1984, cuando el cambio climático parecía un fenómeno lejano. Así tenemos mejoras a propulsores hidráulicos, colectores solares, sistemas de bombeo para motores eólicos, biopilas para equipos eléctricos y electrónicos, generadores eléctricos, aerogeneradores turbo dinámicos y demás. Protegidas todas mediante Certificado de Autor de Invención, a favor de universidades y centros de investigación, fundamentalmente, aunque también figuran como titulares algunos ministerios como el de la construcción (MICONS) y el de las fuerzas armadas revolucionarias (MINFAR).

No obstante, cabe señalar que desde 1984 hasta 2007 solo constan como concedidas 14 patentes, cifra relativamente pobre, a juzgar por el potencial investigativo de los centros donde tales tecnologías han sido creadas.

De hecho, la práctica ha demostrado que gran parte de la tecnología energética, de la que se vale el país actualmente para realizar su programa para el desarrollo y la conservación de la energía, se importa. Pese a que cuenta con un alto capital intelectual de primerísima calidad, y de tener implementado un sistema nacional de Propiedad Industrial que incluye premios y reconocimientos para fomentar la creación de nuevas soluciones técnicas que bien pudieran ser utilizadas en *pro* de ese desarrollo y ese uso racional.

Pero contra ello atenta, como bien decía, la no protección y el desconocimiento de derechos por parte de autores y posibles titulares. Sucede que, en muchos casos, los autores descuidan el no divulgar información sensible con respecto a las investigaciones en las cuales trabajan, y de las que se pueden derivarse resultados patentables, afectando de ese modo la novedad de los mismos. Recuérdese que la novedad es un requisito esencial de patentabilidad. En otros casos, en cambio, se sienten desestimulados ante la posibilidad de patentar, debido al tiempo que puede tardar el procedimiento de registro de su invención (generalmente de 2 a 5 años), y lo engorroso que resulta; puesto que en caso de encontrársele deficiencias a la solicitud de patente, la Oficina registradora puede requerir oficialmente al autor, cuantas veces lo estime pertinente y en cualquier fase del procedimiento, para que subsane el error en un tiempo determinado (aproximadamente 60 días naturales). De no ser respondido el requerimiento oficial, o de hacerlo su autor de manera extemporánea, se considerará abandonada la patente y se procederá, entonces, a su archivo[129].

Otra cuestión que falla es el vínculo universidad (o centro de I+D) – industria, en el sentido de que el flujo de conocimientos entre ambos no es el idóneo. A la hora de producir industrialmente las tecnologías creadas en el marco de estas universidades y centros, surgen cuestionamientos como: la rentabilidad de las mismas, la posibilidad de producirlas con la materia prima que requieren, la existencia o no de un mercado. Quedando, de ese modo, sin explotar muchas de las patentes que se conceden, y sin pasar a dominio público por la no explotación, dada la condición de «ilimitada» de la duración de la vigencia del Certificado de Autor de Invención que en muchos casos las ampara, de acuerdo con lo establecido en el artículo 80 del citado Decreto Ley 68/83.

Por tanto, la política en materia de administración y desarrollo de la Propiedad Intelectual en Cuba está llamada, no solo a reconsiderar la distinción entre tecnologías energéticas y las que no lo son; sino que el acceso a las primeras debe facilitarse mediante un aumento de la cultura en materia de Propiedad Intelectual entre autores y titulares de derechos, un más ágil procedimiento de registro para dichas tecnologías, un vínculo más estrecho entre universidad/centro de I+D e industria, así como una praxis en materia de transferencia tecnológica —ya sea dentro del ámbito nacional o a escala internacional— que incluya alternativas de acceso a tecnologías energéticas libres de costo,

---

129 Decreto-Ley 68/83, artículo 52.

libres de reclamaciones por infracción de derechos de Propiedad Intelectual, o mediante sistemas ganancia-ganancia donde el pago por tales derechos consista, igualmente, en Propiedad Intelectual. De ese modo, podría hablarse de soluciones colectivas a un problema que nos afecta a todos.

E. Conclusiones

Tras haber analizado la titularidad de los derechos de Propiedad Intelectual que pesan sobre las tecnologías que van surgiendo en relación con la energía, hemos arribado a las siguientes conclusiones:

1ª) La titularidad de derechos de patentes sobre tecnologías relacionadas con la energía se manifiesta, en el caso de Cuba, al encontrarse tales derechos, fundamentalmente, en manos de instituciones y empresas que responden a los ministerios que forman parte de la estructura organizacional del Sistema Energético Cubano.

Los mismos se protegen mediante Certificado de Autor de Invención y el mismo se considera legalmente ilimitado.

2ª) La exclusiva legal que la patente implica, basada en el *ius prohibendi* ejercible por el titular del derecho hacia los terceros, cuando lo analizamos a la luz del Certificado de Autor de Invención supone que tales patentes no pasarán en ningún momento a dominio público, aunque el mismo se puede cancelar, de oficio o a instancia de un tercero, en los casos previstos por la ley, surtiendo la misma efectos retroactivos.

3ª) Para evitar controversias entre titulares de derechos y las urgentes necesidades sociales de acceder a las tecnologías relacionadas con la energía cuyo plazo de protección aún esté vigente, se han seguido alternativas como: el consorcio de patentes, el fondo común de patentes gratuitas, la licencia de pleno derecho, la innovación abierta, entre otros. Pero corresponde a las empresas como principales titulares de derechos analizar cuál método será más efectivo a la hora de transferir tecnología; teniendo en cuenta que ninguno por sí solo constituye una solución al cambio climático.

4ª) La legislación cubana dota a los acuerdos de transferencia tecnológica de la suficiente flexibilidad con respecto a sus cláusulas, dejando a las partes obrar libremente y determinar en qué condiciones se van a realizar tales acuerdos, incluso en manos de quién quedarán los activos de Propiedad Intelectual objeto de los mismos. Pero no debe dejarse a discreción de las partes cuestiones como: el modo en que se efectuará el pago por adquirir tecnología, o el tiempo por el cual el adquirente ejercerá tales derechos de Propiedad Intelectual, cuando se trate de tecnologías relacionadas la energía, dada la necesidad de utilizarla racionalmente.

5ª) Se hace necesario regular cómo administrar los derechos de Propiedad Intelectual con respecto a las patentes sobre tecnologías relacionadas con el desarrollo y el uso racional de la energía, estableciendo en ley cuestiones como: un más ágil procedimiento de registro y el compromiso bilateral que habrán de contraer universidades/centros de investigación y desarrollo e industrias, obligándose por una parte a la creación de nuevas soluciones técnicas y por otro a la producción de las mismas; así como también debe preverse las nuevas alternativas que van surgiendo en el ámbito empresarial para compartir tecnologías, y no dejar en manos de las autoridades judiciales competentes la concesión de licencias obligatorias para los casos que estimen pertinentes.

6ª) Las entidades que forman parte de la estructura del Sistema Energético Cubano, las dependencias encargadas de la Propiedad Intelectual, así como las universidades y centros de investigación y desarrollo deberán, mediante sus respectivos Sistemas Internos de Propiedad Industrial y el sistema de premios y reconocimientos que se habilite al efecto, correr a cargo de estimular la creación de nuevas soluciones técnicas, que vengan a resolver el gran problema tecnológico que constituye hoy el desarrollo y el uso racional de la energía, mediante tecnologías respetuosas para con el Medio Ambiente; a fin de no perder de vista al autor como pieza fundamental de todo el engranaje Intelectual que nace, justamente, con la invención de algo nuevo.

F. Bibliografía

Agencia Internacional de Energía Atómica (AIEA) (2008), *Cuba: A Country Profile on Sustainable Energy Development,* Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, Viena, Austria, Naciones Unidas.

Aroche Pérez, Osmel (1999), *Aspectos Legales de la Transferencia de Tecnología*, documento redactado como tesis para el diplomado «Aspectos jurídicos del Sistema de Ciencia e Innovación Tecnológica», La Habana, Cuba.

Colectivo de Autores (2004), *Suplemento especial sobre energía y eficiencia energética*, La Habana, Cuba, Editorial Academia.

EcoSolar, Revista de la Sociedad Cubana para la Promoción de las Fuentes Renovables de Energía y el Respeto Ambiental Nº 20, La Habana, Cuba.

Erauw, Dr. Johan (2001), *Negotiating and drafting patent licensing contracts under the TRIPS agreement: The Business Dimension*, American University, Washington D.C., University of Ghent, Belgium and Washington College of Law.

Moreno Cruz, Marta y Emilia Horta Herrera (2003), *Selección de Lecturas de Propiedad Industrial*, La Habana, Cuba, Editorial Féliz Varela.

OMPI (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual) (2009), *Revista de la OMPI Nº 3*, Ginebra, Suiza, junio.

______ *Revista de la OMPI Nº 2* (2009), especial por el Día Internacional de la Propiedad Intelectual, Ginebra, Suiza, abril.

______ *Revista de la OMPI Nº 6* (2002), Ginebra, Suiza, noviembre-dicembre.

Rubio Escobar, Jairo (2009), *Patentes, fuente de información tecnológica* [en línea], Santafe ce Bogotá, Colombia, Latinpyme <www.latinpyme.co> [fecha de consulta: julio de 2009].

Venacio, Leandro (2009), *La inversión extranjera directa y la crisis económica cubana* [en línea], <www.eumed.net/libros/2005/lv/> [fecha de consulta: julio de 2009].

World Energy Council (2008), *Declaración del Consejo Mundial de la Energía*: *Generar nuevo Impulso*, Londres.

__________(2007), *Deciding the Future: Energy Policy Scenarios to 2050*, Londres.

__________(2007), *La industria energética revela su modelo para abordar el cambio climático*, Declaración del CME 2007, Londres.

Legislación consultada

Gobierno de Cuba (1998), Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, *Resolución N° 13*, La Habana, Cuba, 2 de mayo.

______ (1995), *Ley N° 77, Ley de Inversión Extranjera*, La Habana, 5 de septiembre.

______ (1983), *Decreto Ley 68 de Invenciones, descubrimientos científicos, modelos industriales, marcas y denominaciones de origen*, La Habana, 14 de mayo.

OMC (Organización Mundial del Comercio) (1994), *Aspectos de los derechos de propiedad intelectual relacionados con el comercio* [en línea], <www.wipo.int/treaties/es/text.jsp?file_id=305906>.

OMPI (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual) (1989), «Proyecto de disposiciones tipo para Leyes en Materia de Derecho de Autor» [en línea], documento OMPI CE/MPC/I/2-II, <www.wipo.int/mdocsarchives/CE_MPC_II_1989/CE_MPC_II_2_S.pdf>.



Módulo 5

Sostenibilidad energética

Artículo V.1
Hacia una estrategia regional de energía sostenible: la evaluación de externalidades

Citlalin Martínez, Claudia Octaviano y Ramón Carlos Torres

El legado de las personas suele fundirse en una sola pieza con el de las instituciones. Testimonio de ello es el de Fernando Cuevas en su calidad de Jefe de la Unidad de Energía y Recursos Naturales (UERN) de la Oficina de la CEPAL en México durante 16 años, los últimos de su vida profesional, en las tareas de comprender los problemas de energía y medio ambiente de Centroamérica, el Caribe y México, generar iniciativas de solución y adoptar acciones de alcance nacional y regional para abrir nuevos horizontes al desarrollo sostenible de esos países.

A juicio de los autores de este ensayo, una de las contribuciones más significativas de ese legado son los trabajos para evaluar las externalidades ambientales asociadas a la producción y el uso de la energía en los que la institución ha sido pionera y Fernando uno de sus artífices. Se trata de una metodología y un instrumento de política energética y ambiental que aporta elementos conceptuales valiosos en la construcción de una estrategia regional de desarrollo sostenible, al cuantificar y ubicar el origen y destino de los daños ambientales que ocasiona el funcionamiento de los mercados de energía e identificar al mismo tiempo campos viables y específicos de acción del Estado para mitigar y compensar dichos daños.

A. Las externalidades ambientales en la obra de la CEPAL

En esta parte del Ensayo se propone extraer del pensamiento de la CEPAL, y de su Oficina en México, la forma en que gestó la evaluación de externalidades ambientales, al conocer y proponer acciones para superar fallas e insuficiencias de los mercados de energía que sean compatibles con aspiraciones de sostenibilidad, eficiencia y equidad en el desarrollo económico y social de la región.

1. Propuesta institucional de desarrollo

En el ámbito de las Naciones Unidas, y como parte del nuevo orden económico internacional instituido en la posguerra, se creó la CEPAL con el propósito principal, entre otros, de generar iniciativas y participar en la solución de los problemas y los desajustes ocasionados en América Latina por el conflicto bélico mundial. Se le asignó la función de promover la evolución económica y tecnológica de los países y la cooperación entre ellos, a base de estudios, investigaciones, generación y difusión de información y celebración de foros de consulta y análisis. Por el papel estratégico que juega la energía en el desarrollo económico, las recomendaciones de política energética han sido desde entonces de especial relevancia.

Más allá del propósito fundacional de recuperación posbélica, su creación dio lugar a la conformación gradual y paulatina de un pensamiento propio, denominado ulteriormente por algunos «cepalino», enfocado a entender las realidades específicas de los países de la región, su entorno externo, la perspectiva y visualización del futuro al que se aspira al interior de los mismos, y el imperativo de que iniciativas y propuestas sean persuasivas en quienes influyen y actúan en la modificación de sus realidades.

Ha sido característico de la CEPAL el procedimiento metodológico de identificar los factores estructurales que determinan y limitan el desarrollo económico y social de las economías latinoamericanas y, a partir de ellos, proponer cambios en las estructuras económicas que propicien la remoción de obstáculos a dicho desarrollo; una constante en las propuestas de cambios es conciliar la conducción deliberada de las economías con el fortalecimiento y la operación eficiente de los mecanismos de mercado.

El pensamiento «cepalino» se cimentó en adaptar a las condiciones de la región los paradigmas originados en los países desarrollados, como son la asignación óptima de recursos mediante mecanismos irrestrictos de mercado, la conducción socializada y centralizada de los medios de producción y la instalación del estado benefactor «keynesiano». Estos paradigmas se contradicen en los papeles asignados al libre juego de las fuerzas de mercado y a la intervención del gobierno, en la consecución de objetivos colectivos. Se trata de una paradoja Estado-Mercado con respecto a la cual la CEPAL se ha caracterizado desde sus orígenes por la generación de iniciativas con cierta dosis de pragmatismo. Se reconoce y promueve la tesis de ampliar y diversificar los mercados y, al mismo tiempo, para que ello sea posible, se propone otorgar al Estado la responsabilidad de intervenirlos en su regulación y funcionamiento. La evaluación de externalidades se sitúa en el centro de este dilema; permite cuantificar efectos colectivos adversos que las fuerzas de mercado no captan y contribuye al mismo tiempo a identificar acciones específicas de gobierno para evitarlos, atenuarlos o compensarlos.

2. Aporte de la Sede Subregional de la CEPAL en México

En 1951 se abrió en México una oficina o Sede Subregional —denominada también como CEPAL/México— a fin de atender los problemas de las economías situadas en el extremo norte de América Latina (Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá en Centroamérica, Cuba, Haití y la República Dominicana, en el Caribe, y México). Los análisis elaborados desde su apertura pusieron de manifiesto características estructurales propias de esas economías: numerosas, fragmentadas, de mercados nacionales relativamente reducidos (a excepción de México), marcada vulnerabilidad externa y extrema fragilidad a contingencias naturales; gobiernos de extracción política disímbola, en general con escasa tradición institucional moderna; y, sobre todo, sociedades urgidas de identificar rumbos viables de inserción al nuevo orden económico internacional en condiciones de favorecer su desarrollo económico y social, mejorar las condiciones de vida de sus habitantes y, en adición, preservar rasgos de identidad nacional.

La consideración de estas características reafirmó objetivos esenciales del pensamiento «cepalino», entre los que destacan superar el estrangulamiento externo de sus estructuras económicas, flexibilizar y expandir la oferta productiva especialmente la industrial y agropecuaria, ampliar y modernizar la infraestructura física —de forma relevante la que permite el abastecimiento energético—, propiciar la elevación del ingreso de sus habitantes, renovar las bases que sustentan sus finanzas públicas y aliviar carencias sociales muchas de ellas ancestrales, entre otras rémoras del atraso económico.

Los instrumentos de política económica en los que la CEPAL/México ha puesto especial acento para lograr esos objetivos giran en torno a tres ejes instrumentales, mismos que responden a criterios de planeación, integración y cooperación externa. Con respecto a la planeación, se plantea el diseño y puesta en práctica de programas y planes integrales, con referencia permanente a la situación y evolución de la realidad y con una relativa flexibilidad en la adopción de medidas que confieran viabilidad a la acción sin apartarse del logro de objetivos fundamentales. Con relación a la

integración, se formulan mecanismos de coordinación y acuerdo entre gobiernos y actores de la región que conduzcan a una gradual y sostenida integración de sus economías, como la mejor y quizás única posibilidad de ofrecer viabilidad a la industrialización y el desarrollo de los países. Por último, la cooperación internacional multilateral y bilateral en materia económica, comercial, financiera y técnica, se promueve a partir del acoplamiento unitario de los países de la región frente al exterior, como otra forma de hacer valer los intereses de la región en el proceso de inserción a la economía global.

Subyacen en estos tres ejes instrumentales peculiaridades a destacar en la forma de abordar la paradoja Estado-Mercado: expandir y consolidar los mercados mediante la intervención de los Estados y, al mismo tiempo, evitar que inhiban el libre funcionamiento de los mismos. La sostenibilidad ambiental conlleva el desafío de un ejercicio intelectual renovador en los enfoques latinoamericanos de planeación, particularmente en la planeación de la energía, en donde se concilien Estado y mercado. La creciente interdependencia de los mercados energéticos mundiales y los retos globales impuestos por el problema del calentamiento global, indican la necesidad de replantear nuevamente los cambios estructurales implícitos que se requieren en la transición energética hacia tecnologías limpias, y formular estrategias que permitan una adecuada inserción en la naciente configuración internacional.

3. Estrategia de desarrollo energético sostenible

En el marco institucional descrito se produce y madura la contribución de Fernando Cuevas a la tradición de propuestas de la CEPAL/México. La dificultad creciente desde el siglo pasado para enfrentar la inestabilidad de los mercados de energía y cubrir los requerimientos de su demanda, con el consecuente efecto adverso en los parámetros macroeconómicos y el bienestar de la población, agravado además por la virulencia del cambio climático, las perturbaciones meteorológicas y la contaminación local y regional, plantea a los Gobiernos de la subregión formidables desafíos que han hecho necesario revisar los fundamentos de las políticas energética y ambiental.

La contribución de la institución se ha centrado en esos objetivos, con la modalidad de sumar y hacer converger la cooperación de organizaciones internacionales, regionales y nacionales, entre las que destaca el PNUD, diversos órganos de las Naciones Unidas, BM, BID, el sistema institucional regional de Centroamérica y los mecanismos de asistencia y cooperación técnica y financiera internacional instituidos para esos fines por varios gobiernos de Europa, Canadá y Japón, entre otros.

De lo prolijo de la obra de energía y medio ambiente da testimonio la multiplicidad de estudios, investigaciones, foros, talleres, cursos y reuniones de trabajo, de consulta y ejecutivas, que ha producido la CEPAL/México durante los últimos tres lustros (sólo la Unidad de la cual Fernando fue Jefe registra la edición de un centenar de documentos en ese período, a lo cual habría que agregar otros muchos editados por la Institución).

Un volumen significativo y reiterado de la obra se inició con los primeros levantamientos sistemáticos de las estadísticas del sector eléctrico y de hidrocarburos en la subregión, a la fecha sigue publicando informes periódicos. La información se orienta al conocimiento de los mercados de energía —particularmente los de Centroamérica—, su estructura y grado de concentración, competitividad, eficiencia y eficacia para atender la demanda, así como los factores estructurales que explican su funcionamiento.

Otro tramo significativo de la obra es el destinado a examinar el impacto local, regional y global que causan la producción y el uso de la energía en el medio ambiente y los criterios y acciones

necesarios para revertirlos y lograr un desarrollo energético sostenible. La evaluación de externalidades ambientales ocupa un lugar prominente en estos exámenes; no sólo se incorporan de manera crítica avances metodológicos formulados en los Estados Unidos y los países europeos en la década de 1990 y la década de 2000, sino que además se formulan desarrollos de vanguardia apropiados a la información disponible y las condiciones locales de México, Centroamérica y el Caribe (CEPAL 2004j, 2008a, 2010j). Los resultados, como se menciona más adelante, permiten además establecer conclusiones comparativas importantes con los hallazgos obtenidos en los países europeos y más recientemente en los Estados Unidos.

El tercer tramo son las propuestas de política económica derivadas del análisis de los mercados de energía y de su impacto ambiental, en las que destacan la formulación y adopción de estrategias sostenibles de integración y cooperación energética, la promoción de las fuentes renovables de energía y la participación de la región en los esfuerzos mundiales para revertir los efectos del cambio climático global.

4. Integración energética

En lo que hace a la integración, un momento culminante del proceso propositivo de la CEPAL/México es la reciente adopción de la Estrategia Energética Sostenible 2020 para Centroamérica, construida gradualmente por los Gobiernos de esos países, y la instalación de la Unidad de Coordinación Energética con que cuentan ahora, a fin de darle seguimiento a dicha Estrategia. Los objetivos están puestos en disminuir la dependencia de los hidrocarburos y su impacto ambiental adverso, aumentar la eficiencia energética e incrementar el uso de fuentes renovables; la coordinación de políticas energéticas y la cooperación internacional se apuntan como vehículos indispensables en el logro de esos propósitos.

El modelo centroamericano de integración energética, de resultar exitoso, será una experiencia que ejemplifica, entre otras lecciones cómo construir mercados sostenibles de energía en apego a las aspiraciones de sus habitantes y la importancia que pueden significar la cooperación internacional, la participación de organizaciones internacionales y los mecanismos de cooperación Sur-Sur. Los retos no son pocos, y por ello la importancia de consolidar los beneficios sociales y ambientales de la intervención gubernamental y de la asistencia técnica internacional para la integración energética sostenible.

Los mecanismos para articular los mercados de energía de Centroamérica con los de México han sido también motivo de consideración por parte de la CEPAL. Uno de esos mecanismos fue articular los mercados de energía en el territorio mesoamericano comprendido en el denominado Plan Puebla Panamá, mediante la ejecución de proyectos de inversión en infraestructura que permitiesen crear ventajas comparativas dinámicas para el desarrollo energético en dicho territorio. Otro es la iniciativa de construir un gasoducto de México a los países de Centroamérica con el propósito de transportar gas natural de origen importado o local y ampliar con ello la capacidad instalada de generación eléctrica en la subregión; se consideró también la posibilidad de suministrar gas natural por ducto desde la Republica Bolivariana de Venezuela y Colombia (CEPAL, 1998a). Otro más es la construcción de una refinería de petróleo en Centroamérica, para procesar crudo mexicano de exportación. En contraste a esos mecanismos que no fructificaron, se consolida ahora la interconexión eléctrica del Istmo Centroamericano con México y Belice, que había sido una propuesta reiterada por la CEPAL desde hace varias décadas.

5. Fuentes renovables de energía

Las propuestas de la CEPAL en la promoción de fuentes renovables de energía son abundantes, de avances y realizaciones significativas. Comprenden desde visiones exhaustivas en donde se determinan las ventajas y factibilidad de estas fuentes, hasta la identificación de barreras y oportunidades en la formulación de estrategias e instituciones para la subregión, con especial consideración en los aspectos locales de cada uno de los países en lo particular (CEPAL, 2004d).

La evaluación de las externalidades ambientales asociadas a la producción de combustibles fósiles ofrece en los estudios elaborados o auspiciados por la CEPAL, criterios para justificar los costos y beneficios sociales de las fuentes renovables de energía. La producción y uso de biocombustibles en condiciones de sostenibilidad ambiental ocupa un sitio de alta prelación en las propuestas de la CEPAL; los estudios en que se fundamentan comprenden análisis de mercado, especificaciones de calidad y normas técnicas de los biocombustibles, aspectos legales y regulatorios de la producción de caña de azúcar, infraestructura para el manejo del etanol, impacto ambiental de la cadena agroindustrial, entre otros múltiples temas técnicos, económicos y ambientales.

6. La economía del cambio climático

Los estudios de externalidades realizados hasta ahora en México, Centroamérica y el Caribe, que incorporan el impacto de las emisiones en el cambio climático global, lo hacen mediante el método indirecto de atribuir un costo virtual de mitigación a la tonelada de CO_2 que se emite en la producción de energía de acuerdo con el combustible fósil de que se trate. Es decir, no se toma en cuenta el valor de los daños ambientales que ocasiona en sus economías el cambio climático global atribuible al uso de combustibles fósiles, que seguramente es superior al estimado indirectamente. La CEPAL/México, todavía con el liderazgo en la materia de Fernando Cuevas, inició los trabajos que culminaron en 2010 con la publicación del primer estudio que evalúa esta vulnerabilidad y la necesidad de adaptación que los países centroamericanos tendrán que hacer de no lograrse un acuerdo internacional que reduzca los impactos del cambio climático (CEPAL 2010a).

México por su parte ha también evaluado los impactos del cambio climático con modelos similares a los ocupados por la CEPAL (SEMARNAT, 2009). Los resultados de estos estudios deben ser considerados en el diseño de una política energética que considere las externalidades en el contexto de la mitigación internacional, y en particular para tomar acciones en el tema de la adaptación.

7. El que contamina paga

El reto de la sostenibilidad energética mundial, regional y a escala local requiere de la integración sistémica de la variable ambiental en las decisiones estratégicas que configuran los mercados de la energía. Para ello, un elemento fundamental es disponer de información sobre los costos externos ambientales que se generan durante los procesos de extracción, transformación y uso de la energía. Identificar rumbos viables de inserción al nuevo orden económico internacional en condiciones que favorezcan el desarrollo económico y social, requiere de un entendimiento profundo no solamente de los mercados energéticos nacionales, regionales e internacionales, sino también de los desafíos globales que a nivel internacional plantea la transición energética hacia fuentes de energía limpia.

En particular, se requiere de métodos innovadores para promover las inversiones necesarias que permitan considerar no sólo los flujos financieros sino también los beneficios ambientales y

sociales de la nueva infraestructura energética, y los instrumentos de mercado y regulatorios idóneos para impulsar el cambio tecnológico hacia tecnologías limpias y de bajo carbono. En el contexto de los países en desarrollo la evaluación de externalidades pondrá de relieve al menos dos aspectos centrales: los beneficios de la transferencia tecnológica en términos ambientales y sociales y las oportunidades de escalar dichos beneficios al integrar acciones sectoriales o nacionales en varios países en desarrollo, de forma que contribuyan de manera cuantificable a los objetivos internacionales de sostenibilidad y desarrollo humano.

Una de las pretensiones de evaluar las externalidades ambientales es internalizar en los precios las distorsiones de los mercados, debido a que en su determinación no se consideran los impactos en el medio ambiente que generan la producción y el uso de los energéticos. La alternativa a la internalización es intervenir los mercados mediante medidas de mitigación o compensación para corregir la ausencia de los impactos ambientales en la toma de decisiones públicas. Se dispone pues de un instrumento para llevar a la práctica el principio generalmente aceptado el «que contamina paga».

El principio económico teórico es reducir los impactos ambientales al nivel en que el costo marginal de la reducción sea igual al impacto marginal evitado. Las propuestas de la CEPAL en materia de integración, políticas energéticas y energías renovables recogen en ciernes esta pretensión. El campo de aplicación está abierto, desde el diseño de instrumentos de política energética y ambiental, la evaluación y prelación de proyectos de inversión y la modificación de la matriz energética, hasta la adopción de bases para atenuar la «impunidad ambiental». Estas preocupaciones se manifiestan cada vez de manera creciente por gobiernos de otros países, particularmente de Europa y los Estados Unidos.

B. Externalidades en México, Centroamérica y el Caribe

La CEPAL realizó los primeros estudios sobre externalidades ambientales en México, Centroamérica y el Caribe, centrando el análisis en el valor de los impactos en salud originados por las emisiones de contaminantes provenientes de instalaciones energéticas. En el caso de México, conjuntamente con el Gobierno Federal de ese país, participó en la elaboración de dos estudios en los que se evaluaron los impactos de la generación termoeléctrica y las sinergias en zonas críticas de la generación de electricidad con refinerías de petróleo. En Centroamérica auspició la elaboración de un estudio regional sobre las externalidades de la generación térmica en el región, ver (CEPAL-SEMARNAT, 2004, 2008a; CEPAL, 2010a, j); en 2010, la CEPAL publicó el primer análisis sobre la economía del cambio climático en Centroamérica (CEPAL, 2010h). En Cuba fue activo el proceso de consulta y apoyo a los estudios sobre externalidades de las instalaciones termoeléctricas de ese país.

En las páginas que siguen se hace un recuento de los enfoques metodológicos desarrollados para el diseño de políticas de energía sostenible mediante la valoración de externalidades. Se describen los principales resultados, con particular énfasis en la derivación de algunas lecciones aprendidas y se realiza un análisis comparativo de los resultados obtenidos a nivel internacional en la materia. Finalmente, se identifican mejoras metodológicas, futuros estudios, y se delinean aspectos necesarios para posicionar los estudios de externalidades en el nivel estratégico de la toma de decisiones.

1. Lecciones aprendidas en México

a) Generación termoeléctrica

El Gobierno de México, a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), se dio a la tarea de actualizar en 2004 la normatividad oficial que desde 1994 aplica a la generación de electricidad que utiliza combustibles fósiles, mediante la reducción de niveles máximos permisibles de emisión de los principales contaminantes que afectan a la salud de la población y al equilibrio ecológico[130]. A fin de disponer de elementos técnicos realistas sobre la dimensión de las afectaciones en salud y al mismo tiempo la viabilidad tecnológica y económica de su reducción, la SEMARNAT suscribió con CEPAL un Convenio de asistencia técnica para evaluar las externalidades ambientales originadas por el uso de combustibles fósiles en la generación termoeléctrica del país, el cual dio lugar a la elaboración de un estudio que sirvió de base para elaborar la propuesta de actualización normativa a que se hizo referencia. El estudio elaborado en 2004 por CEPAL y SEMARNAT se titula Evaluación de las externalidades ambientales de la generación termoeléctrica en México.

La generación en México es altamente dependiente de los combustibles fósiles; en 2000, año que sirvió de base para la evaluación, se generó un total de 191,4 TWh, de los cuales casi dos tercios fueron a base de carbón y combustóleo[131]. El estudio de referencia evalúa la contaminación originada por la combustión de las trece mayores centrales termoeléctricas del país, ubicadas en once localidades, que utilizan estos combustibles; las emisiones consideradas son bióxido de azufre (SO_2), partículas suspendidas (PM) y óxidos de nitrógeno (NO_X). Estas centrales seleccionadas contribuyeron en ese año con casi la mitad de la generación eléctrica nacional, el 75% de la generación que uso combustóleo y carbón y el 77% del SO_2 y las PM enviados a la atmósfera por el sector eléctrico, así como el 67% de los NO_X. Las principales afectaciones en salud incluidas en el estudio son bronquitis crónica, admisiones hospitalarias, visitas a salas de urgencia, días de actividad restringidos, crisis aguda de asma, tos crónica, morbilidad y mortalidad prematura.

En el marco del Convenio referido, la asistencia técnica permitió identificar y seleccionar metodologías para evaluar externalidades y adecuarlas al contexto nacional. Se consideró como estudio de referencia el Proyecto *Externalities of Energy*, desarrollado durante más de dos décadas por la Comunidad Europea. Se recibió apoyo para capacitar funcionarios mexicanos con expertos del Organismo Internacional de Energía Atómica, quienes habían elaborado el modelo SIMPACTS[132] que facilitaba el análisis de externalidades en países en desarrollo. La CEPAL contrató a consultores expertos en la materia (Dra. Leonor Turtós y Dr. Joseph Spadaro), quienes participaron asistiendo en la identificación y adecuación de metodologías, el desarrollo del capital humano necesario para su aplicación y la elaboración misma del estudio. Se contó además con el apoyo en capacitación de la UNESCO, particularmente del Centro International Centre for Theoretical Physics (ICTP).

La descripción metodológica de la evaluación de externalidades rebasa el espacio de este Ensayo, puede consultarse en las guías que para ese fin publicó la CEPAL (CEPAL, 2003a). En esencia la metodología Vías de Impacto utilizada en el estudio se basa en los denominados modelos integrales de valoración (*integrated assessment modeling*) en los que se funden conocimiento de las

130 Norma Oficial Mexicana NOM-085-SEMARNAT-1994, que establece los niveles de emisión de óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno y material particulado de equipos de combustión en fuentes fijas.

131 El combustóleo es un residuo en la refinación del crudo mexicano y contiene, entre otras impurezas, hasta un 4% de azufre; mientras no se reconfiguren las refinerías su producción es ineludible.

132 SIMPACTS, *Simplified Approach for Estimating Impacts of Electricity Generation*. Modelo desarrollado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

ciencias naturales y las sociales. Implica entender las condiciones fundamentales que afectan la emisión y la dispersión de los contaminantes en la atmósfera, precisar la respuesta que producen en la salud de la población y en el equilibrio de los ecosistemas expuestos a contaminantes, y hacer un análisis económico de la pérdida de bienestar social asociado a los impactos físicos, en los términos de la economía del bienestar que conlleva los impactos directamente relacionados con la contaminación.

La aplicación de esta metodología a las condiciones de México requirió de un arduo levantamiento de datos a nivel nacional. La SEMARNAT estuvo a cargo de la recopilación y sistematización de información, lo que implicó la colaboración de varias oficinas internas de dicha Secretaría y sobre todo la interacción con las Secretarías de Energía, Salud y el Servicio Meteorológico Nacional, la Comisión Federal de Electricidad y Petróleos Mexicanos. Se recopiló información técnica de una de las centrales de generación, datos meteorológicos horarios de los sitios en que se encuentran las centrales y de sus áreas de influencia, estadísticas epidemiológicas, costos en el país de la atención médica de enfermedades respiratorias, estudios de voluntad a pagar por daños a la salud y por reducción de la esperanza de vida, entre otros parámetros técnicos y económicos.

Se concluyó que la suma del costo de las externalidades para la sociedad mexicana originadas en la generación termoeléctrica con combustóleo y carbón de las centrales estudiadas, fue del orden de 465.000.000 de dólares en 2000, equivalente a 0,5 centavos de dólar por kWh generado, es decir, 10% del costo unitario promedio ponderado de la generación eléctrica. Las cifras por central difieren sensiblemente, se sitúan entre 0,12 y 0,83 centavos de dólar por kWh generado, o sea, entre 3% y 15% del costo de generación. Se precisa que las estimaciones se limitan al impacto en la salud, y que se excluyen emisiones corriente arriba y los daños ocasionados por los gases de efecto invernadero; se destaca también que por la naturaleza y multiplicidad de supuestos establecidos al aplicar las metodologías da lugar a que el rango de incertidumbre calculado sea muy amplio. El detalle de costos externos por contaminante atribuible a las termoeléctricas se presenta en el cuadro V.1.1.

Cuadro V.1.1
Costo por tonelada de contaminante emitida y costo específico

Localidades [a/]	Dólares/ton			Centavos de dólar/kWh
	PM_{10}	SO_2	NO_x	
Tuxpan	219	397	235	0,70
Manzanillo	189	328	193	0,56
Tula	1157	359	199	0,66
Petacalco	121	244	144	0,41
Río Escondido	121	93	319	0,26
Salamanca	991	360	200	0,71
Altamira	715	395	227	0,83
Mazatlán	396	278	193	0,59
Puerto Libertad	7	121	72	0,23
Samalayuca	63	132	78	0,20
Rosarito	502	28	619	0,12
Total ponderado				0,50

Fuente: CEPAL-SEMARNAT, 2004.
[a] En Manzanillo y Río Escondido se registran dos Centrales.

Adicionalmente a la evaluación de costos externos, los modelos utilizados en el estudio de las termoeléctricas de México suministran información sobre la concentración de contaminantes en un radio de 50 kilómetros alrededor de las distintas centrales consideradas. Una de las recomendaciones de dicho estudio fue evaluar con modelos más robustos que el SIMPACTS, localidades críticas en las que se encontraron concentraciones de contaminantes que rebasaban las normas de calidad de aire emitidas por la Secretaría de Salud.

2. Zonas críticas con múltiples instalaciones productoras de energía

En atención a dicha recomendación, la SEMARNAT extendió el mencionado Convenio de colaboración suscrito con CEPAL a un segundo estudio a fin de evaluar las externalidades en las zonas críticas de Tula y Salamanca para 2004, regiones en México en las que además de grandes centrales térmicas operan refinerías de petróleo. El estudio de referencia se publicó en 2007 y se encuentra disponible en el portal de la CEPAL (CEPAL-SEMARNAT, 2008a).

Motivo de especial interés fue, primero, entender la sinergia que en términos de calidad del aire local y regional provocan termoeléctrica y refinería establecidas contiguamente. Segundo, disponer de criterios costo-efectividad para identificar y evaluar la factibilidad de inversiones de menor costo para reducir la emisión de contaminantes en una u otra instalación, donde socialmente convenga al país, como opción temporal, complementaria o definitiva en los planes de Petróleos Mexicanos y Comisión Federal de Electricidad para reconfigurar refinerías y hacer más eficiente y ambientalmente favorable la generación de electricidad y la refinación de petróleo. Se trata, en síntesis, de incluir en el centro de la metodología de evaluación de proyectos de inversión de ambas entidades federales, los impactos ambientales en salud, considerando no lo que conviene a una u otra en términos de costos de mercado que no recogen las externalidades, sino en el óptimo para el país en lo económico, social y ambiental.

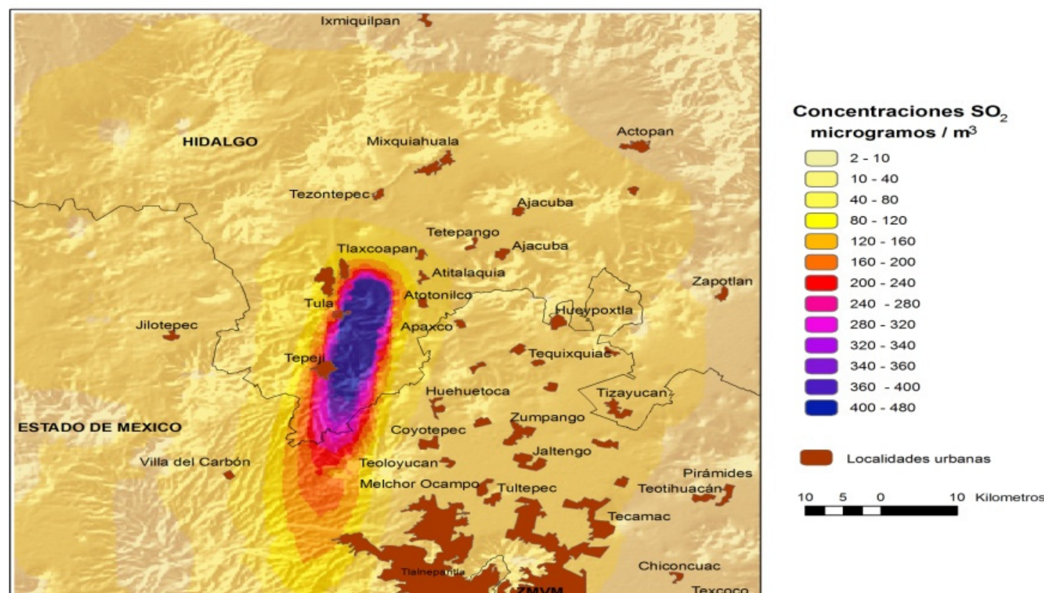
El estudio de las zonas críticas aplicó metodologías más detalladas e incluyó mejoras en la modelación de la dispersión de contaminantes y en la valoración económica. Se «corrieron» los modelos que aplica la Agencia de Protección Ambiental (US-EPA) de los Estados Unidos para sus análisis regulatorios, particularmente el llamado AERMOD, el cual permite analizar con alta resolución el transporte y transformación de contaminantes en las áreas cercanas a las instalaciones (radio de 50 kilómetros). Toma en cuenta la información meteorológica local, la topografía del terreno, la cobertura vegetal y diversos parámetros que influyen en la dispersión de contaminantes. Como ejemplo, la figura 1 muestra la pluma de concentración de contaminantes que se obtuvo para las instalaciones en la zona crítica de Tula, una zona muy cercana a la Ciudad de México. Este modelo encontró que cuando la topografía es compleja y existen patrones de viento con una componente marcada, los contaminantes tendrán rutas muy definidas. En este caso, la contaminación es transportada a una zona de alta densidad poblacional, lo que incrementa el impacto ambiental y el consecuente costo externo.

En adición a las mejoras en la modelación de la dispersión local, se incluyó un modelo mejorado para el análisis de la dispersión regional, el WTM utilizado por la Unión Europea. Se logró con este modelo evaluar múltiples fuentes de emisión y considerar las de fondo que contribuyen a la formación de contaminantes secundarios. Estos modelos brindaron mayor información sobre el impacto regional de las fuentes de contaminación. La dispersión local en radio de 50 kilómetros fue modelada en una resolución de 2 kilómetros; la regional de 1.500 kilómetros en celdas de 55 kilómetros. La CEPAL coordinó la compilación de datos meteorológicos para la región, emisiones y población, lo que permitió correr el modelo regional WTM con datos propios del dominio de México,

Centroamérica y el Caribe. A manera de ejemplo el mapa V.1.2 muestra un plano de dispersión de sulfatos que se obtuvo para la zona crítica de Salamanca.

Mapa V.1.1

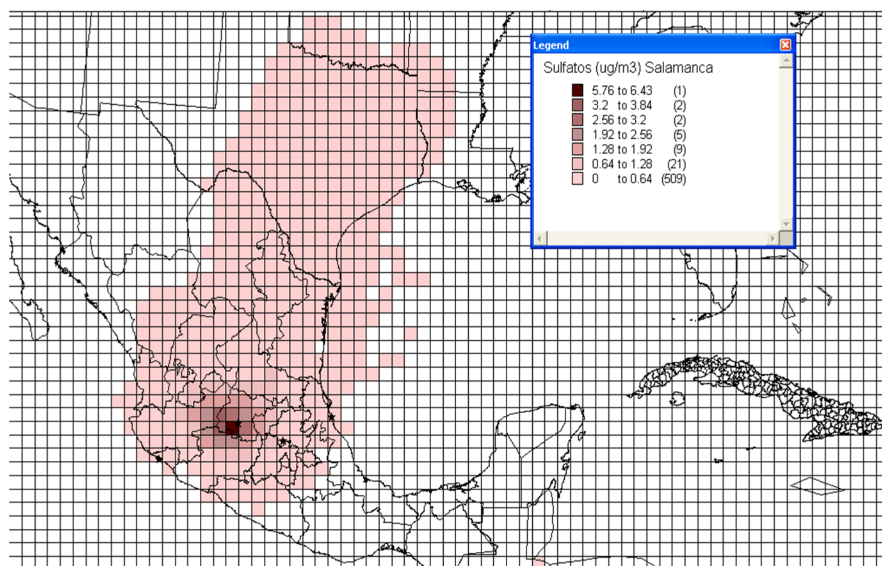
México: concentraciones de dióxido de azufre (SO_2) en la zona crítica de Tula, Hidalgo, 2008



Fuente: CEPAL-SEMARNAT, 2008[a].

Mapa V.1.2

México: dispersión regional de sulfatos en la zona crítica, Salamanca, Guanajuato, 2008



Fuente: CEPAL-SEMARNAT, 2008a.

Para la valoración económica se utilizaron estudios con estimaciones para México de valores estadísticos de la vida y de voluntad a pagar para evitar la morbilidad de la población y se incorporó un cálculo de los impactos del cambio climático asociados a las fuentes de contaminación. En

términos generales, el impacto en mortalidad es el mayor componente de los costos externos por lo que utilizar estimados propios para el caso de México es una mejora muy importante desde el punto de vista metodológico.

El valor estimado de las externalidades ambientales asociadas a las emisiones en Tula y Salamanca de 2004 fue de 1,58 y 3,93 dólares por barril de petróleo procesado, respectivamente, y 3,63 y 2,70 centavos de dólar por kWh generado de electricidad, respectivamente. Como era de esperar, se aprecia que estos últimos valores superan ampliamente los calculados con anterioridad en el estudio de las termoeléctricas elaborado para el 2000. Ello se debe, además de emisiones más altas, condiciones demográficas y meteorológicas distintas, sobre todo a la mayor cobertura territorial de los impactos y al uso de modelos de dispersión más robustos y eficientes. Por restricciones de información no fue posible calibrar con la realidad los modelos y resultados obtenidos, como es deseable, lo cual constituye una tarea pendiente para ulteriores estudios. No obstante, se destaca que las estimaciones del estudio son similares a los encontrados en otros países de la Unión Europea y los Estados Unidos, como se explica más adelante.

Una de las lecciones aprendidas es que en el caso de las zonas críticas donde confluyen varias fuentes de contaminación e impactan además zonas de alta densidad poblacional, se justifica emplear más información, recursos y tiempo en la aplicación de modelos de dispersión más robustos que se utilizan en la evaluación de externalidades. Otra lección se refiere a los problemas acumulativos que implica el uso de los combustibles fósiles en sus distintas etapas del ciclo de vida; en el caso del estudio, por ejemplo, deben tomarse en cuenta las emisiones asociadas a la transformación del crudo al obtener residuales como el combustóleo utilizado en las centrales termoeléctricas. En conclusión, entre las lecciones aprendidas se destaca que es indispensable la adecuación de los enfoques metodológicos a las circunstancias de la región y a su matriz energética; para el éxito de la tarea es fundamental la necesaria interacción en la formación del capital humano. El papel de la CEPAL en el engarzamiento y la transferencia de conocimiento son indiscutibles, lo que permitió la elaboración de los estudios para México.

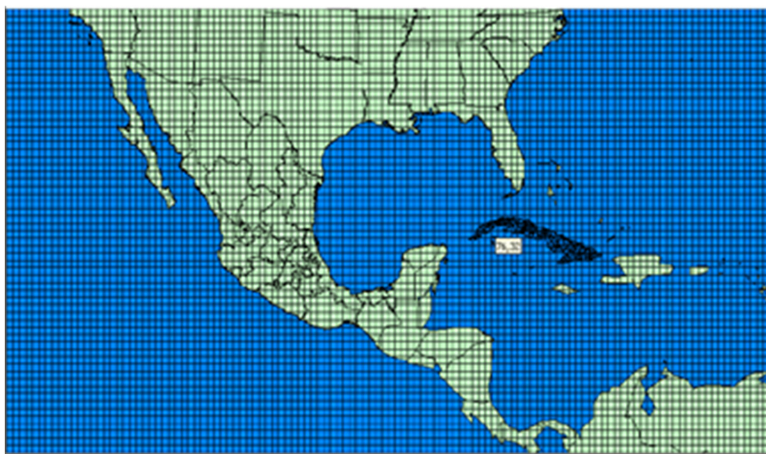
Fernando Cuevas se distinguía no solamente por su labor de informar en la discusión de las normas ambientales en México, sino también en proponer enfoques metodológicos para la valoración de externalidades de la región y ampliar sus alcances en otros aspectos de la política energética y del uso de los recursos naturales. Algunos ejemplos de ello, los resultados preliminares de los estudios referidos se presentaron en el Curso de uso sostenible de los hidrocarburos celebrado en San José, Costa Rica en 2005; expertos mexicanos colaboraron en la capacitación de sus homólogos de Centroamérica para la aplicación de metodologías de evaluación de externalidades; en diciembre de 2007 se organizó una reunión de expertos en México para el análisis y difusión de los resultados de estos estudios, con la participación de autoridades nacionales (Secretarías de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Energía, Salud y Hacienda y Crédito Público; Comisión Reguladora de Energía, Comisión Federal de Electricidad, Petróleos Mexicanos e Instituto Nacional de Ecología), la Agencia de Cooperación Técnica Alemana, y expertos internacionales invitados para tal efecto (CEPAL, 2007h).

En el mismo tenor de actividades y con el fin de comparar las metodologías simplificadas y detalladas utilizadas en la evaluación de las externalidades, e identificar enfoques adecuados a los países centroamericanos y del Caribe, se desarrolló un proyecto de colaboración entre la CEPAL y el Instituto Nacional de Ecología de México (INE). Como resultado de este proyecto en el que además participaron expertos del Centro CubaEnergía, se analizaron los modelos disponibles o en elaboración a nivel mundial y se mejoró la base de datos de la subregión que incluye a México, con la información más relevante requerida en la aplicación de las metodologías. La base de datos

contiene información meteorológica, de emisiones y de población para el dominio regional que se muestra en el mapa V.1.3. Dentro de los pasos a seguir para la valoración de externalidades, se pueden retomar los esfuerzos de la CEPAL en construir esta base de datos, actualizarla, y con ella elaborar un modelo amigable al usuario que pueda ser aplicado en los distintos países para evaluar las externalidades.

Mapa V.1.3

Área geográfica cubierta por la base de datos integrada por la cepal para la valoración de externalidades



Fuente: Elaboración propia.

Nota: cada celda contiene información sobre patrones de viento, precipitación, emisiones y población.

3. Política energética sostenible

En cualquier país, explicitar los costos externos ambientales de la energía indudablemente conlleva un proceso difícil de negociación y diálogo entre quienes generan los impactos y los receptores afectados por ellos; la sola identificación de costos y actores ofrece tensiones, por no referirse a la asunción de responsabilidades en la prevención y mitigación de dichos costos. El caso de México no es la excepción, pese de la presencia determinante en los mercados de energía de sus dos grandes empresas, en adición ambas paraestatales.

Los estudios elaborados en México generaron debate en torno a posibles acciones para internalizar las externalidades o al menos para considerarlas en las decisiones del sector. Un primer paso lo dio el Congreso de la Unión al incorporar en la *Ley para el aprovechamiento de energías renovables y el financiamiento de la transición energética*, promulgada en 2008, el Artículo 10 que hace referencia a la valoración de externalidades como un requisito en la planeación de la capacidad de energía renovable que se integrará al sistema eléctrico nacional (Congreso de la Unión 2008). Es un esfuerzo específico en el que se concretan acciones de política energética para apoyar la transición energética de México hacia fuentes de generación más limpias. Es un primer paso, quizás de modesto alcance, puesto que se limita a la energía renovable, pero sin duda en la dirección deseable. Hay además indicios formales en el sentido de que las Secretaría de Energía y de Hacienda y Crédito Público han iniciado acciones para incorporar los costos ambientales externos en los criterios para evaluar los proyectos de inversión para generar electricidad.

La forma de incorporar las externalidades ambientales en las decisiones de política energética sostenible es múltiple, ya sea desde el legislativo, el Ejecutivo Federal o en la operación cotidiana de las empresas paraestatales de energía, siempre y cuando, desde luego, se esté convencido de las ventajas que ello representa para el país en lo energético, ambiental, de estrategia nacional de desarrollo y de salud y bienestar para la población.

Por ejemplo, el Artículo 36-Bis de la Ley del Servicio Público de Electricidad establece que en «…la prestación del servicio público de energía eléctrica deberá aprovecharse tanto en el corto como en el largo plazo, la producción de energía eléctrica que resulte de menor costo para la Comisión Federal de Electricidad y que ofrezca, además, óptima estabilidad, calidad y seguridad del servicio público…». Se podría modificar dicho Artículo al adicionar la noción de menor costo externo ambiental que daña a la salud de la población, la de menor costo para la Comisión Federal de Electricidad. Este simple cambio reflejaría una realidad hasta ahora no contemplada por la legislación, que sin duda facilitaría en lo específico las decisiones de gobierno en materia de operación e inversión para generar electricidad y para favorecer la expansión de las fuentes renovables de energía. Evidentemente el reto de incorporar este costo necesariamente remite a la revisión y desarrollo de metodologías para valorar las externalidades más allá de propósitos de regulación ambiental. Hay un buen avance en esa dirección con los estudios elaborados hasta ahora con la asistencia técnica de la CEPAL. Sin embargo, como se menciona más adelante, requieren ser actualizados y revisados permanentemente a la luz de las cambiantes perspectivas energéticas de México, pero se cuenta con un marco metodológico, experiencia y avances institucionales en la valoración de los costos externos.

4. Lecciones aprendidas en Centroamérica

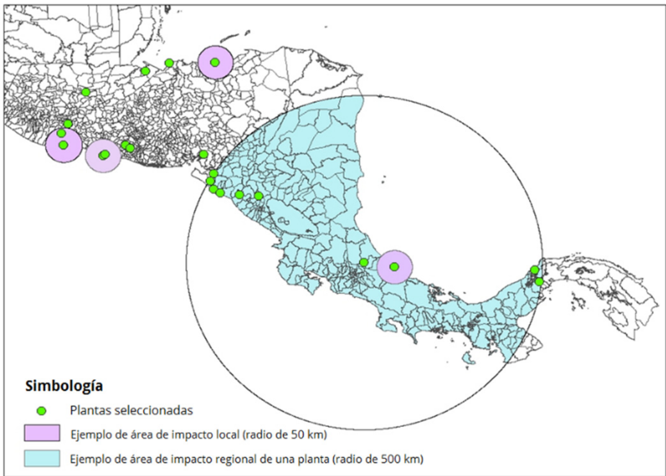
La *Estrategia Energética Sostenible Centroamericana 2020*, como se mencionó, es la culminación de un esfuerzo de los gobiernos de la región de planificación eléctrica conjunta. La CEPAL coordinó en 2010 la elaboración de un estudio para realizar un análisis general de las externalidades ambientales asociadas a dicha estrategia. En una primera aproximación, al igual que en México, se aplicó el Modelo SIMPACTS con metodologías simplificadas para la valoración del impacto ambiental. El estudio evaluó las 25 mayores centrales térmicas del Istmo Centroamericano, mismas que aportan el 90% de la generación termoeléctrica (CEPAL, 2010a). En el mapa V.1.4 muestra la ubicación de las centrales estudiadas.

El estudio realizó un primer levantamiento regional de los costos externos asociados al Plan Indicativo Regional de Expansión de la Generación Período 2009-2023, elaborado por el Consejo de Electrificación de América Central (CEAC). Dicho estudio construyó su análisis a partir de información y metodologías utilizadas en México, adecuándolas a los parámetros y estadísticas disponibles en Centroamérica. Es una primera evaluación sobre la situación centroamericana que permite contar con una aproximación sobre los costos externos de la generación térmica en esos países.

El estudio analizó varios escenarios de planeación energética; para el denominado caso base las externalidades se estimaron en 20,3 millones de dólares anuales. El costo externo ponderado de las 25 centrales ascendió a 1,57 centavos de dólar por kWh generado, el cual incluye impactos local y regional de contaminantes primarios y secundarios, y global por la emisión de gases efecto invernadero. Se consideró un costo de 20 dólares por tonelada de CO_2 en la valoración del impacto por cambio climático (en el primer estudio de México no se consideró dicho impacto y en el segundo

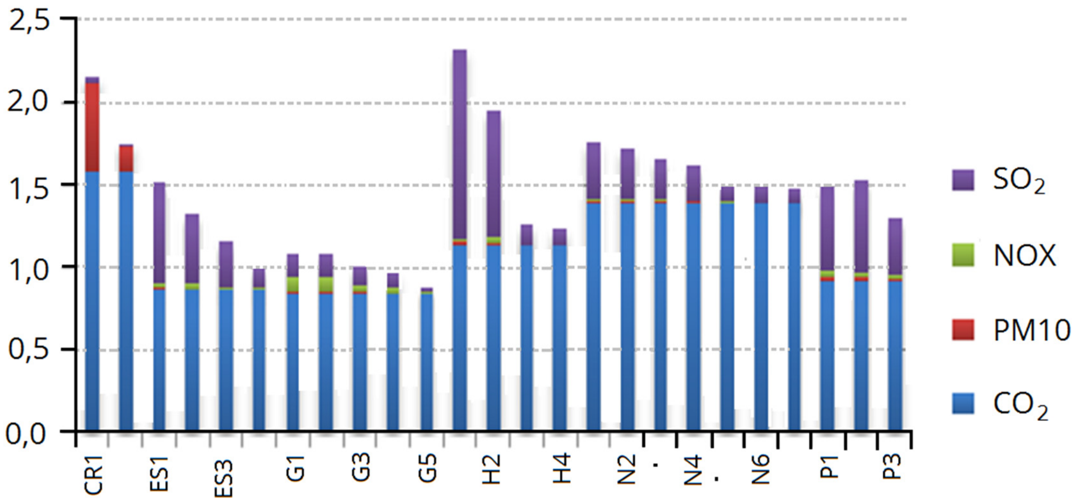
estudio se estimó en 18 dólares por tonelada). La figura V.1.5 muestra los costos estimados por central termoeléctrica.

Mapa v.1.4
Centroamérica: centrales termoeléctricas evaluadas en el estudio de externalidades en la subregión



Fuente: CEPAL (2010j).

Figura V.1.5
Centroamérica: costos externos estimados para 25 centrales en la subregión usando el modelo *Simpacts*



Fuente: CEPAL (2010j).

Un aspecto a destacar es que el estudio para Centroamérica realizó una modelación prospectiva de los costos externos a fin de evaluar la factibilidad ambiental del mencionado Plan Indicativo Regional, mediante la asunción de supuestos establecidos para extrapolar los impactos en el medio ambiente. El cuadro V.1.2 contiene algunos resultados obtenidos sobre el valor presente de los costos de generación eléctrica en inversiones y mantenimiento al año 2023, con y sin consideración de externalidades, para cada uno de los ocho escenarios considerados en el estudio; la proporción de

las externalidades oscila entre 8% y 10,6% de los costos totales de generación en inversión y mantenimiento.

El estudio de referencia para Centroamérica se publicó en diciembre de 2010 y no se tiene noticia de que haya sido presentado en foros de expertos o de gobiernos en la región, por lo que puede resultar prematuro formular lecciones aprendidas. Está en curso el proceso para derivar conclusiones sobre la incorporación de externalidades en el marco de la planeación energética, la identificación de áreas metrológicas de mejora y el uso de modelos detallados para valorar el impacto ambiental de las emisiones, entre otras consideraciones.

Cuadro V.1.2
Costos de generación con y sin externalidades
(En millones de dólares en valor presente de enero de 2010)

Escenario	Costos de los planes		Externalidades				% Ext
	Inversión	Mantenimiento	Global: cambio climático	Local y regional: salud	Costo sin externalidad	Costo con externalidad	
A	12 957	12 976	2 373	290	25 933	28 596	10,3
B	14 240	10 718	2 034	277	24 958	27 269	9,3
D	12 908	12 484	2 225	249	25 392	27 866	9,7
E	13 746	15 107	2 308	292	28 853	31 453	9,0
F	14 198	15 452	2 756	320	29 649	32 726	10,4
G	14 936	12 594	1 926	271	27 529	29 727	8,0
H	13 833	11 473	2 100	280	25 306	27 686	9,4
I	12 682	13 682	2 531	258	26 365	29 153	10,6

Fuente: CEPAL (2010j).

5. Lecciones aprendidas en Cuba

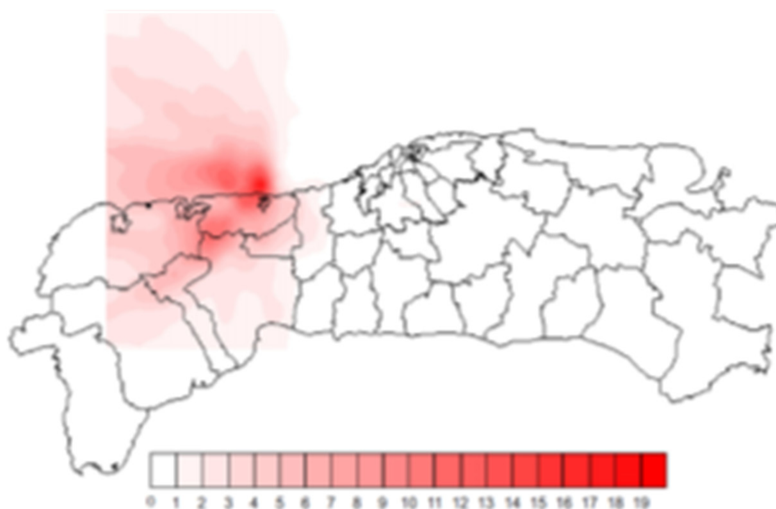
En las circunstancias particulares de Cuba, las externalidades ambientales presentan un reto significativo de política energética. Por una parte, el abasto eléctrico es una prioridad nacional que requiere del uso de los energéticos disponibles en el país y del parque eléctrico que no cuenta con tecnologías eficientes de combustión ni con tecnologías de control de emisiones. Por otra parte, ante la aguda escasez de recursos, el análisis costo-beneficio y costo-efectividad toma relevancia mayúscula en la su asignación y justificación de inversiones necesarias para la protección de la calidad del aire y los ecosistemas. El grupo experto cubano del centro de investigación en energía y medio ambiente, CubaEnergía, ha sido pionero a nivel mundial en el desarrollo de estos análisis. Dicho grupo ha aplicado metodologías detalladas de evaluación de externalidades con el apoyo técnico de la Organización Internacional de Energía Atómica.

Cuba genera aproximadamente 92% de su demanda de energía, a base de combustibles fósiles; las centrales térmicas no cuentan con controles de emisión y el combustible «bunker» que utilizan llega a tener hasta 8% de azufre en peso. Las externalidades ambientales de tres grandes centrales en Cuba fueron estimadas en 40 millones de dólares al año y un costo ponderado de 1,06 centavos de dólar por kWh generado (Turtós Carbonell y otros, 2007). Los estudios que suministran estos resultados son de vanguardia metodológica internacional en la materia. A manera de ejemplo, la figura 6 muestra la dispersión local de SO_2 de una de las centrales estudiadas.

Actualmente, el tema de valoración de externalidades es objeto de múltiples estudios y parte del debate internacional sobre los costos y beneficios de la energía limpia, particularmente ante el problema del cambio climático. La Unión Europea ha llevado el liderazgo en materia de política climática y cuenta desde hace décadas con un proyecto comunitario con la participación de los mejores centros de investigación en Europa para la valoración de externalidades, el proyecto denominado Externalidades de la Energía, o ExternE. La Unión Europea cuenta con estimados sobre costos externos para todas las tecnologías de generación de electricidad, incluyendo las energías renovables, y para el transporte (European Commission, 2005). Los análisis han avanzado hacia los temas de política energética para internalizar los costos externos y el análisis multicriterio.

Mapa V.1.6

Cuba: dispersión local de una central térmica



Fuente: Turtós Carbonell y otros, 2007.

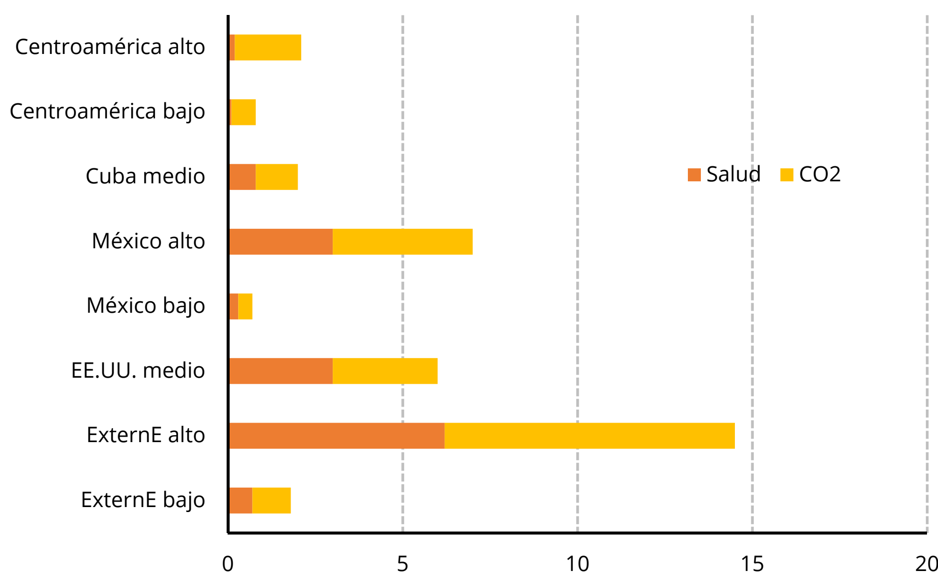
6. Comparación internacional de resultados

En los Estados Unidos los esfuerzos para evaluar las externalidades también tienen una historia de varias décadas; los primeros estudios se realizaron a principios de la década de 1980 y esfuerzos importantes a nivel de las agencias reguladoras de energía tuvieron lugar durante la década de 1990. Recientemente, a raíz de las discusiones nacionales e internacionales en materia de cambio climático, la evaluación de externalidades ha retomado un interés en la política energética de dicho país. El Congreso de los Estados Unidos solicitó a la Academia Nacional de Ciencias (National Academy of Sciences) un estudio de valoración de externalidades de la energía actualizado para la implementación del Energy Policy Act of 2005. Esta Ley de Política Energética requiere la consideración de las externalidades ambientales en la evaluación de tecnologías para la generación de electricidad. Como resultado, se cuenta con el estudio titulado: *Hidden Costs of Energy: Unpriced Consequences of Energy Production and Use* (The_National_Academies, 2010). Entre las conclusiones se destaca que las externalidades ambientales ocasionadas en 2005 por la producción y uso de energía en la Unión Americana, se estima en más de 120 billones de dólares, principalmente por los impactos en salud de las emisiones de SO_2, NO_x y PM en la generación de electricidad en base a carbón y gas natural.

El análisis comparativo de los resultados de México, Centroamérica y Cuba, y de los principales estudios de referencia, se muestran en el gráfico V.1.1. El análisis incluye costos estimados para las centrales a base de combustibles fósiles (carbón y derivados del petróleo), considerando los

resultados obtenidos en el proyecto *Externalities of Energy* de la Unión Europea, el estudio formulado por la Academia de Ciencias de los Estados Unidos y los mencionados de la CEPAL, SEMARNAT y CubaEnergía.

Gráfico V.1.1
México, Centroamérica y el Caribe: comparación de resultados de los estudios de externalidades con los referentes internacionales



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico V.1.1 se muestran los costos de las plantas menos y más contaminantes de Europa, México y Centroamérica y costos promedio ponderados en los casos de los Estados Unidos y Cuba. La voluntad a pagar para reducir la contaminación ambiental está restringida por el nivel de ingreso y las preferencias por la calidad ambiental. Debido a ello, como es de esperarse, los costos más altos se encontraron en Europa. El costo medio de los Estados Unidos es superior a los costos medios de la región latinoamericana, aunque algunas plantas en México en zonas críticas presentan costos más elevados que los costos de los Estados Unidos. Los costos de los países centroamericanos son similares a los de Cuba, aunque cabe destacar que están influenciados en gran medida por el valor de la tonelada de CO_2 utilizada en dichos estudios.

En la comparación referida se utilizan los costos reportados en los estudios de referencia. Para un ejercicio más preciso se requiere normalizar dichos costos. Por ejemplo, el de Centroamérica utiliza un costo de 20 dólares por tonelada de CO_2, México de 18 dólares, la Unión Europea de 19 dólares y los Estados Unidos de 30 dólares. A pesar de esta limitación, el gráfico V.1.1 muestra algunos elementos a considerar en el análisis comparativo internacional:

a) internalizar el costo externo en las políticas de los países considerando la voluntad a pagar y los daños en las diferentes regiones conllevaría a distintos niveles de abatimiento, y

b) las principales diferencias se explican por los diferenciales de ingreso de los países, que condicionan la voluntad a pagar, por el estado de las tecnologías y combustibles disponibles para la generación de electricidad y por algunas otras variables relevantes en la estimación, tales como las condiciones de dispersión y los supuestos incorporados

en la valoración. En particular, los distintos estimados del Valor Estadístico de la Vida son fundamentales en explicar las diferencias.

7. Rumbos potenciales de análisis

La CEPAL inició una propuesta metodológica para incorporar el análisis de las externalidades ambientales en la estrategia de desarrollo sostenible de la región. Los estudios realizados muestran avances y facilitan la identificación de rumbos de acción entre los que se mencionan los siguientes, de forma enunciativa y no limitativa:

a) actualización de los estudios de externalidades y proyecciones utilizando las Perspectivas de generación eléctrica para el caso México, particularmente ante la tendencia creciente del uso del gas natural, los requerimientos legales de considerar las externalidades en la planeación eléctrica y el retraso y dificultad para concluir la reconfiguración del sistema nacional de refinación;

b) el tema podría tener en México una alta repercusión si se logra considerar las externalidades de forma general e integral en todas las tecnologías de generación eléctrica y refinación de petróleo;

c) elaboración de estudios con modelos complejos en la valoración del impacto ambiental para los países centroamericanos y de equilibrio general que logren precisar el impacto macroeconómico de la internalización de costos externos a través de normas ambientales o instrumentos económicos;

d) análisis conjunto de los costos externos atribuibles al cambio climático y una posible política de mitigación en México y Centroamérica. Para este fin, es conveniente pensar en los enfoques sectoriales que actualmente son posibles bajo el Protocolo de Kioto y que serán seguramente parte de los enfoques que se adopten en un futuro acuerdo pos-Kioto de la Convención Marco de Cambio Climático. Contar con los estudios base permitirá articular propuestas claras con costos y beneficios locales y globales de las propuestas de energía limpia en la región;

e) estudios que consideren la ponderación por equidad y la aversión a la inequidad social de los costos externos y la mitigación de la contaminación y el cambio climático. En particular, ante una política de cambio climático global es necesario considerar que la mitigación de emisiones reduce los costos de los daños del cambio climático en los países menos desarrollados y que por tanto existe un beneficio marginal superior por cada dólar gastado en los países industrializados, en términos de la utilidad marginal que se logra en los países más afectados. Este análisis no se ha incorporado en los estudios internacionales y los enfoques metodológicos están aún en desarrollo, véase (Anthoff y otros, 2009). En términos generales, los países en desarrollo deben avanzar en estas líneas de investigación que se encuentran en el centro del debate de las políticas de cambio climático que permitan la mitigación y el desarrollo humano simultáneamente, y

f) evaluación de las externalidades en materia de seguridad energética, en particular ante las fluctuaciones en el precio de los energéticos, y desarrollo de metodologías que permitan medir los costos de la dependencia a las importaciones de petróleo y sus derivados.

C. Conclusiones

En la fijación de precios de los energéticos, los mercados no toman en cuenta el daño ambiental que la extracción y uso de combustibles fósiles ocasionan a la salud de la población y a los ecosistemas, como tampoco considera otros costos externos en que se incurre por razones de seguridad energética e ineficiencias ajenas a los mecanismos de mercado. El resultado es una subestimación de precios, con el consecuente estímulo perverso a incrementar la participación de las fuentes fósiles de energía y desincentivar el empleo de otras de menor daño ambiental o que incluso pueden acarrear beneficios netos. O sea que además de subestimación se produce una distorsión del sistema relativo de precios de los energéticos, en desmedro del capital natural no renovable, de la calidad del aire local y regional y de la condición climática global.

Desde fines del siglo pasado se ha avanzado significativamente en el diseño y aplicación de metodologías para cuantificar las externalidades ambientales asociadas a la generación de electricidad, el procesamiento de hidrocarburos y el uso de energía en la industria y el transporte urbano, originadas en la emisión a la atmósfera de contaminantes primarios (bióxido de azufre, óxido de nitrógeno y partículas suspendidas, entre otros), que impactan el área de influencia local y regional en torno a los sitios de emisión, y de gases efecto invernadero a los que se les responsabiliza del cambio climático global. Los resultados de aplicar dichas metodologías en México, Centroamérica y el Caribe permiten confirmar cuantitativamente algunas hipótesis y formular otras:

a) la tecnología seleccionada en la producción y uso de energía no sólo es determinante en la eficiencia y la economía energética, también es clave para explicar la naturaleza y magnitud del impacto ambiental originado por las emisiones;

b) el combustóleo y otros residuales de la destilación de petróleo, además del carbón, se utilizan masivamente en plantas termoeléctricas y refinerías y son los principales contribuyentes de las externalidades ambientales registradas en la producción de energía;

c) las externalidades ambientales originadas con el uso de residuales y carbón equivalen a más de un dígito porcentual del costo de la generación eléctrica. Los valores fluctúan drásticamente entre las plantas consideradas debido a la conjunción de múltiples factores (diferencias en localización, condiciones meteorológicas, densidad de población, calidad ecológica del combustible, eficiencia energética y tecnologías utilizadas para el control de emisiones y la captura de contaminantes). La comparación de resultados con los obtenidos en los Estados Unidos y Europa pone de relieve que la reducción de externalidades puede justificar inversiones en tecnología para el control de emisiones, pese a utilizar combustibles «sucios»;

d) la producción de energía con fuentes renovables ofrece el atractivo de registrar externalidades ambientales reducidas, nulas o incluso positivas. Por ello se requiere, que la ejecución de proyectos de inversión reciba el estímulo correspondiente para competir en igualdad de condiciones con las fuentes convencionales de energía, y

e) en el caso específico de México se dispone de experiencia suficiente para establecer un centro virtual de evaluación de externalidades del sector energía, desde la autoridad hacendaria, en el que confluyan dependencias y entidades del Gobierno Federal que participan en la identificación, formulación, evaluación y ejecución de proyectos de energía, a fin de suministrar criterios cuantitativos de inversión en las decisiones para asignar el gasto de la administración pública federal.

El cálculo de las externalidades es una herramienta necesaria para la planeación energética. Permite contar con referentes cuantitativos con respecto a los costos aparentemente «ocultos» que el mercado no incorpora en los precios de la electricidad y los combustibles. Su consideración explícita ofrece criterios para evaluar inversiones, regular el uso de fuentes fósiles e incentivar el aprovechamiento de las fuentes renovables. Se requiere desde luego que el Estado conduzca decisiones y provea de instrumentos de política económica para transitar a una matriz energética sostenible compatible con las aspiraciones de desarrollo económico.

D. Bibliografía

CEPAL (Comisión para América Latina y el Caribe) (2010a), *Central America Faces Urgent Challenges due to Climate Change,* México, D.F., enero.

______ (2010b), *Evaluación del potencial de reducción de gases de efecto invernadero (GEI) y producción de energía a partir de rellenos sanitarios y vertederos en ciudades de Costa Rica* (LC/MEX/L.956) [en línea], México, D.F., enero <www.cepal.org/es/publicaciones/25968-evaluacion-potencial-reduccion-gases-efecto-invernadero-gei-produccion-energia>.

______ (2010c), *Istmo Centroamericano: Estadísticas del Subsector Eléctrico, Informe preliminar del segmento de la producción de electricidad (datos actualizados a 2009)* (LC/MEX/L.961) [en línea], México, D.F., mayo <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25970/1/LCmexL961_es.pdf>.

______ (2010d), *Centroamérica: Estadísticas de hidrocarburos, 2009* (LC/MEX/L.975) [en línea], México, D.F., octubre <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25934/1/lcmexl975.pdf>.

______ (2010e), *Aumenta el consumo de hidrocarburos en América Central,* México, D.F., octubre.

______ (2010f), *Centroamérica: estadísticas del subsector eléctrico, 2009* (LC/MEX/L.976) [en línea], México, D.F., noviembre <www.cepal.org/es/publicaciones/25935-centroamerica-estadisticas-subsector-electrico-2009>.

______ (2010g), *Se mantiene producción de electricidad en Centroamérica,* México, D.F., noviembre.

______ (2010h), *La economía del cambio climático en Centroamérica. Síntesis 2010* (LC/MEX/L.978) [en línea], México, D.F. <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/35228/1/lcmexl978e.pdf>

______ (2010i), *Centroamérica enfrenta el cambio climático con gran vulnerabilidad,* México, D.F., diciembre.

______ (2010j), *Análisis general de las externalidades ambientales derivadas de la utilización de combustibles fósiles en la industria eléctrica centroamericana* (LC/MEX/L.983) [en línea], México,D.F. <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/26039/6/M20110017_es.pdf>.

______ (2010k), *Informe de la reunión de expertos sobre la economía del cambio climático en Centroamérica,* (LC/MEX/L.1003/Rev.1 (SEM.198/2)) [en línea], México, D.F. <www.cepal.org/publicaciones/xml/5/42095/2011-12-Informe_cambio_clim-L1003-Rev1.pdf>.

______ (2009a), *Istmo Centroamericano: Estadísticas del Subsector Eléctrico, Informe preliminar del segmento de la producción de electricidad (datos actualizados a 2008)* (LC/MEX/L.905) [en línea], México, D.F. <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25971/1/LCmexL905_es.pdf>.

______ (2009b), *Informe de Factibilidad: economía del cambio climático en Centroamérica* (LC/MEX/L.897) [en línea], México, D.F., <www.cepal.org/es/publicaciones/25879-informe-factibilidad-economia-cambio-climatico-centroamerica>.

______ (2009c), *La crisis de los precios del petróleo y su impacto en los países centroamericano* (LC/MEX/L.908) [en línea], México, D.F. <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25972/1/LCmexL908_es.pdf>.

______ (2009d), *Istmo Centroamericano Estadísticas de Hidrocarburos, 2008* (LC/MEX/L.934) [en línea], México, D.F. <www.cepal.org/es/publicaciones/25969-istmo-centroamericano-estadisticas-hidrocarburos-2008>.

______ (2009e), *Istmo Centroamericano: estadísticas del subsector eléctrico,* México, noviembre.

______ (2009f), *Centroamérica enfrenta retos urgentes por cambio climático,* México, diciembre.

______ (2009g), *Informe de la Reunión de Expertos con directores de energía y de hidrocarburos sobre sostenibilidad de la Matriz Energética en Centroamérica* (LC/MEX/L.951 (SEM.192/2)) [en línea], México, D.F. <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/24244/LCmexL951_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

______ (2009h), *Istmo Centroamericano: Las fuentes renovables de energía y el cumplimiento de la estrategia 2020* (LC/MEX/L.953) [en línea], México, D.F., <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25897/1/LCmexL953_es.pdf>.

______ (2008a) -SEMARNAT, *Evaluación de las externalidades ambientales de la generación termoeléctrica en México* (LC/MEX/L.644) [en línea], México, D.F., <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25693/1/LCMEXL644_es.pdf>.

______ (2008b), *Se crea en América Central una Unidad de Coordinación Energética*, México, D.F. febrero.

______ (2008c), *Istmo Centroamericano: estadísticas del subsector eléctrico. Informe preliminar del segmento de la producción de electricidad (datos actualizados a 2007)* (LC/MEX/L.855) [en línea], México, D.F. <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25963/LCmexL855_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

______ (2008d), *Autoridades de Energía de Centroamérica solicitan a la CEPAL estudios sobre impacto de precios de combustibles y otros*, México, D.F., mayo.

______ (2008e), *Determinación de la infraestructura y la logística de canales de distribución del etanol y el gasohol en El Salvador y Guatemala* (LC/MEX/L.859) [en línea], México, D.F., mayo <www.cepal.org/es/publicaciones/25962-determinacion-la-infraestructura-la-logistica-canales-distribucion-etanol>.

______ (2008f), *La economía del cambio climático en Centroamérica*, México, D.F., mayo.

______ (2008g), *Evaluación de externalidades ambientales del sector energía en las zonas críticas de Tula y Salamanca*, [en línea], México, D.F., julio <www.cepal.org/publicaciones/xml/7/33647/l788_rev_1__vf_2_de_3.pdf>.

______ (2008h), *Istmo Centroamericano: Estadísticas del Subsector Eléctrico (datos actualizados a 2007)*, (LC/MEX/L.883) [en línea], México, D.F., octubre <repositorio.cepal.org/handle/11362/25960>.

______ (2008i), *Istmo Centroamericano: Estadísticas de hidrocarburos, 2007* (LC/MEX/L.882) [en línea], México, D.F., octubre <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25961/1/LCmexL882_es.pdf>.

______ (2007a), *Diagnóstico preliminar de los aspectos agrícolas para producción local de etanol, a base de caña de azúcar en América Central* (LC/MEX/L.767) [en línea], México, D.F., marzo <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25957/LCmexL767_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

______ (2007b), *Istmo Centroamericano: Estadísticas del Subsector Eléctrico (datos actualizados a 2006)*, México, D.F., abril.

______ (2007c), *Perspectivas para el biodiésel en Centroamérica: Costa Rica, El Salvador, Guatemala y Honduras* (LC/MEX/L.791), México, D.F., agosto.

______ (2007d), *Efectos de los choques petroleros sobre las economías de Centroamérica y la República Dominicana*, México, D.F., septiembre.

______ (2007e), *Istmo Centroamericano: estadísticas de hidrocarburos, 2006* (LC/MEX/L.803) [en línea], México, D.F., septiembre <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25966/1/LCmexL803_es.pdf>.

______ (2007f), *Istmo Centroamericano: Estadísticas del subsector eléctrico (datos actualizados a 2006)*, (LC/MEX/L.809) [en línea], México, D.F., octubre <repositorio.cepal.org/handle/11362/25965>.

______ (2007g), *Acuerdo Centroamericano sobre Energía Sostenible*, México, D.F., noviembre.

______ (2007h), *Informe de la reunión de expertos sobre evaluación de externalidades del sector energético* (LC/MEX/L.829 (SEM.174/2)) [en línea], México, D.F., diciembre <www.cepal.org/publicaciones/xml/5/31965/L829.pdf>.

______ (2007i), *Estrategia energética sostenible centroamericana 2020* (LC/MEX/L.828) [en línea], México, D.F., diciembre <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25839/1/LCmexL828_es.pdf>.

______ (2007j), *La energía y las metas del milenio en Guatemala, Honduras y Nicaragua* (LC/MEX/L.843/Rev.1) [en línea], México, D.F., diciembre <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25836/1/LCmexL843rev1_es.pdf>.

______ (2006a), *Impacto ambiental: terminales marítimos de importación de combustibles, almacenamiento y poliductos Centroamérica,* México, D.F., febrero.

______ (2006b), *Istmo Centroamericano: estadísticas del subsector eléctrico. Informe preliminar del segmento de la producción de electricidad (datos actualizados a 2005)* (LC/MEX/L.714) [en línea], México, D.F., abril <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25948/LCmexL714_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

______ (2006c), *Costos y precios para etanol combustible en América Central (Convenio CEPAL-República de Italia)* (LC/MEX/L.716) [en línea], México, D.F., mayo <www.cepal.org/es/publicaciones/25949-costos-precios-etanol-combustible-america-central-convenio-cepal>.

______ (2006d), *Istmo Centroamericano: diagnóstico de la industria petrolera* (LC/MEX/L.685/Rev.1) [en línea], México, D.F., mayo <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25762/1/LCmexL685rev1_es.pdf>.

______ (2006e), *Evaluación de fraudes en el mercado de hidrocarburos y bioetanol: Guatemala, El Salvador y Honduras* (LC/MEX/L.730) [en línea], México, D.F., junio <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25950/1/LCmexL730_es.pdf>.

______ (2006f), *Especificaciones de la calidad del etanol carburante y del gasohol (mezcla de gasolina y etanol) y normas técnicas para la infraestructura* (LC/MEX/L.741/Rev.1) [en línea], México, D.F., agosto <www.cepal.org/es/publicaciones/25952-especificaciones-la-calidad-etanol-carburante-gasohol-mezcla-gasolina-etanol>.

______ (2006g), *Istmo Centroamericano: Estadísticas de hidrocarburos, 2005* (LC/MEX/L.738) [en línea], México, D.F., agosto <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25951/1/LCmexL738_es.pdf>

______ (2006h), *Análisis de los aspectos legales y regulaciones vigentes en la producción de caña de azúcar en América Central* (LC/MEX/L.744) [en línea], México, D.F., agosto, <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25954/1/LCmexL744_es.pdf>.

______ (2006i), *Análisis económico de precios del bioetanol para mezclas con gasolinas* (LC/MEX/L.746) [en línea], México, D.F., septiembre, <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25956/1/LCMEXL746_es.pdf>.

______ (2006j), *Istmo Centroamericano: Estadísticas del subsector eléctrico (datos actualizados a 2005)* (LC/MEX/L.747) [en línea], México, D.F., septiembre <www.cepal.org/es/publicaciones/25955-istmo-centroamericano-estadisticas-subsector-electrico-datos-actualizados-2005>.

______ (2006k), *Los instrumentos económicos en la gestión del agua. El caso de Costa Rica* (LC/L.2625-P) [en línea], México, D.F., noviembre, <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4982/1/S0600829_es.pdf>.

______ (2005a), *Istmo Centroamericano: Estadísticas del Subsector Eléctrico (datos actualizados a 2004)* (LC/MEX/L.678) [en línea], México, D.F., septiembre <www.cepal.org/es/publicaciones/25756-istmo-centroamericano-estadisticas-subsector-electrico-datos-actualizados-2004>.

______ (2005b), *Istmo Centroamericano: Estadísticas de hidrocarburos, 2004* (LC/MEX/L.675) [en línea], México, D.F., octubre. <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25757/1/LCmexL675_es.pdf>.

______ (2005c), *Factura petrolera de 2004 crece 25% en América Central,* México, D.F., octubre.

______ (2005d), *Mejora relativa de la competencia de derivados del petróleo en Guatemala, El Salvador y Panamá,* México, D.F., octubre.

______ (2004a), *Perspectivas de un programa de biocombustibles en América Central* (LC/MEX/L.606) [en línea], México, D.F, marzo <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25669/1/LCmexL606_es.pdf>.

______ (2004b), *Experiencias en programas de información y capacitación para promover el uso eficiente de los hidrocarburos líquidos* (LC/MEX/R.856) [en línea], México, D.F., mayo <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25735/1/LCMEXR856s_es.pdf>

______ (2004c), *Aspectos complementarios para la definición de un programa de bioetanol en América Central* (LC/MEX/R.857) [en línea], México, D.F., mayo <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25734/1/LCMEXR857s_es.pdf>.

CEPAL-GTZ (2004d), *Fuentes renovables de energía en América Latina y el Caribe. Situación y propuestas de políticas* (LC/L.2132) [en línea], Santiago de Chile, mayo <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/31904/1/S0400009_es.pdf>.

______ (2004e), *Estrategia para el fomento de las fuentes renovables de energía en América Central* (LC/MEX/L.620) [en línea], México, D.F., agosto <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25671/1/LCmexL620_es.pdf>.

______ (2004f), *Istmo Centroamericano: estadísticas del subsector eléctrico (datos actualizados a 2003)* (LC/MEX/L.631) [en línea], México, D.F., septiembre <www.cepal.org/es/publicaciones/25688-istmo-centroamericano-estadisticas-subsector-electrico-datos-actualizados-2003>.

______ (2004g), *Istmo Centroamericano: estadísticas de hidrocarburos, 2003* (LC/MEX/L.634) [en línea], México, D.F., octubre <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25690/1/LCmexL634_es.pdf>.

______ (2004h), *Análisis de coyuntura de los precios del petróleo en el Istmo Centroamericano* (LC/MEX/L.641) [en línea], México, D.F., noviembre <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25691/1/LCmexL641_es.pdf>.

______ (2004i), *Análisis de los márgenes acumulados semanales de las gasolinas y el diésel en los países del Istmo Centroamericano, 2002-2004* (LC/MEX/L.643) [en línea], México, D.F., noviembre <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25689/1/LCmexL643_es.pdf>.

CEPAL-SEMARNAT (2004j), *Evaluación de las externalidades ambientales de la generación termoeléctrica en México* (LC/MEX/L.644) [en línea], México, D.F., noviembre <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25693/1/LCMEXL644_es.pdf>.

______ (2003a), *Revisión de metodologías utilizadas para la estimación de las externalidades* (LC/MEX/L.556) [en línea], México, D.F., junio <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25608/1/LCMEXL556_es.pdf>.

______ (2003b), *Istmo Centroamericano: Estadísticas de hidrocarburos, 2002* (LC/MEX/L.561) [en línea], México, D.F., julio <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25623/1/LCMEXL561_es.pdf>

______ (2003c), *Istmo Centroamericano: Estadísticas del subsector eléctrico, 2002* (LC/MEX/L.570) [en línea], México, D.F., septiembre <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25637/1/LCMEXL570_es.pdf>.

______ (2003d) *Istmo Centroamericano: Informe sobre abastecimiento de hidrocarburos, 2002* (LC/MEX/L.572) [en línea], México, D.F., septiembre <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25622/LCMEXL572_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

______ (2003e), *Propuesta para una estrategia sostenible del subsector hidrocarburos en Centroamérica (*LC/MEX/L.582) [en línea], México, D.F., diciembre <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25718/LCMEXL582_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

______ (2003f), *Evaluación de diez años de reforma en la industria eléctrica del Istmo Centroamericano* (LC/MEX/L.588) [en línea], México, D.F., diciembre <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25719/1/LCMEXL588_es.pdf>.

______ (2002a), *Istmo Centroamericano: Estadísticas de Hidrocarburos, 2001* (LC/MEX/L.530) [en línea], México, D.F., julio <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25562/1/LCmexL530_es.pdf>.

______ (2002b), *Istmo Centroamericano: La regulación de la distribución de energía eléctrica en los países con empresas privadas. Los casos de El Salvador, Guatemala, Nicaragua y Panamá* (LC/MEX/L.536) [en línea], México, D.F., julio <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25632/1/LCmexL536_es.pdf>.

______ (2002c), *Estudio de suministro de gas natural desde Venezuela y Colombia a Costa Rica y Panamá* (LC/L.1675-P) [en línea], México, D.F., agosto <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6400/1/S025373_es.pdf>.

______ (2002d), *Istmo Centroamericano: Estadísticas del subsector eléctrico: datos actualizados a 2001* (LC/MEX/L.538) [en línea], México, D.F., septiembre <www.cepal.org/es/publicaciones/25633-istmo-centroamericano-estadisticas-subsector-electrico-datos-actualizados-2001>.

______ (2002e), *Istmo Centroamericano: Informe sobre abastecimiento de hidrocarburos, 2001* (LC/MEX/L.541) [en línea], México, D.F., octubre <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25634/1/LCmexL541_es.pdf>.

______ (2002f), *Central America: Management of used lubricants in Central America* (LC/MEX/L.545) [en línea], México, D.F., octubre <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25635/1/LCmexL545_es.pdf>.

______ (2002g), *Proceso de consolidación de los mercados mayoristas de electricidad en los países centroamericanos* (LC/MEX/L.547) [en línea], México, D.F., noviembre <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25585/1/LCmexL547_es.pdf>.

______ (2001b), *Evolución reciente y desafíos de los mercados mayoristas de electricidad en El Salvador, Guatemala y Panamá (*LC/MEX/L.483) [en línea], México, D.F., julio <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25495/1/LCmexL483_es.pdf>.

______ (2001c), *Istmo Centroamericano: Estadísticas de hidrocarburos, 2000* (LC/MEX/L.486) [en línea], México, D.F., agosto <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25555/1/LCmexL486_es.pdf>.

______ (2001d), *Istmo Centroamericano: Estadísticas del Subsector Eléctrico (datos actualizados a 2000)* (LC/MEX/L.487) [en línea], México, D.F., agosto <www.cepal.org/es/publicaciones/25556-istmo-centroamericano-estadisticas-subsector-electrico-datos-actualizados-2000>.

______ (2001e), *El mercado eléctrico regional: contratos PPA en El Salvador, Guatemala y Nicaragua* (LC/MEX/L.493) [en línea], México, D.F., septiembre <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25579/1/LCmexL493_es.pdf>.

______ (2001f), «Istmo Centroamericano: Informe sobre abastecimiento de hidrocarburos, 2000» *Proyecto CEPAL-República Federal de Alemania* (LC/MEX/L.498) [en línea], México, D.F., noviembre <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25573/1/LCmexL498_es.pdf>.

______ (2001g), *Retos y posibles soluciones para el sector energético mexicano* (LC/MEX/L.505) [en línea], México, D.F., diciembre <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25527/1/LCmexL505_es.pdf>.

______ (2000a), *Istmo Centroamericano: Estadísticas de hidrocarburos, 1999,* México, D.F., junio.

______ (2000b), *Istmo Centroamericano: Estadísticas del subsector eléctrico (datos actualizados a 1999),* México, D.F., agosto.

______ (1999a), *La industria eléctrica del Istmo Centroamericano: situación de los procesos de reforma y perspectivas para el corto y mediano plazo,* México marzo.

______ (1999b), *Istmo Centroamericano: Estadísticas de hidrocarburos, 1998,* México, D.F., junio

______ (1999c), *Istmo Centroamericano: Estadísticas del subsector eléctrico (datos actualizados a 1998),* México, D.F., julio.

______ (1999d), *Istmo Centroamericano: informe sobre abastecimiento de hidrocarburos, 1998,* México, D.F., septiembre.

______ (1998a), *Gasoducto regional México-Istmo Centroamericano. Resumen del estudio de factibilidad,* Santiago de Chile, enero.

______ (1998b), *Istmo Centroamericano: informe sobre abastecimiento de hidrocarburos, 1997*, México, D.F., septiembre.

European Commission (2005), *ExternE, Externalities of Energy. Methodology 2005 Update*. EIR-Universität Suttgart, Germany.

______ (2003), *External Costs Research results on socio-environmental damages due to electricity and transport*. EUR 20198.

______ (s/f), *Información de ExternE* [en línea], <www.externe.info> y <externe.jrc.es/overview.html>.

SEMARNAT (2009), *La economía del cambio climático en México*, México, D.F., agosto

______ (2007), Reunión de expertos (presentaciones), México, D.F.

The National Academies (2010), *Hidden Costs of Energy: Unpriced Consequences of Energy Production and Use*.

Turtós, L. and others (2007), «Assessment of the impacts of Elath due to the emmissions of Cuban power plants that use fossil fuel oils with high content of sulphur. Estimation of external costs», *Atmospheric Environment 41*, págs. 2202-2213.

Artículo V.2
Externalidades atmosféricas del uso de la energía en la toma de decisiones para un desarrollo sostenible

Elieza Meneses Ruiz*, Leonor Turtós Carbonell y Madeleine Sánchez Gácita
Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía, CUBAENERGÍA

A. Introducción

El uso de la energía en todas sus formas proporciona un enorme beneficio a la sociedad, aunque también está asociado a numerosos desafíos medioambientales y sociales. La generación de electricidad a partir de combustibles fósiles, produce diferentes impactos negativos. Los más significativos, a nivel local, la contaminación atmosférica, a nivel regional, la lluvia o deposición ácida, y a nivel global, el cambio climático.

Estos impactos provocados por la generación de electricidad son considerados *Costos Externos o Externalidades* cuando no son incluidos en los precios del mercado de la energía y por tanto distorsionan las decisiones económicas óptimas. Las sociedades modernas se encuentran ante el reto de poder «internalizar» los costos asociados a estos impactos. Sin embargo, aunque no lleguen a ser propiamente internalizados, el simple hecho de conocerlos, ayuda a crear condiciones más favorables para el trazado de políticas y estrategias con vistas a reducir las emisiones generadas por este sector, entre las que podrían incluirse: la introducción de tecnologías de reducción o control de emisiones, el empleo de combustibles más eficientes y/o menos contaminantes, etc.

Las externalidades estimadas pueden ser usadas en:

a) estudios de mitigación;
b) valoración integral de tecnologías y procesos;
c) selección de la ubicación de nuevas instalaciones;
d) costos efectivos de esquemas de mitigación ambiental como la factibilidad de instalación de tecnologías de reducción de emisiones;
e) análisis comparativos de opciones y estrategias de desarrollo;
f) promoción de fuentes de energía renovables;
g) planificación energética, y
h) decisiones de Despacho.

Para la valoración de las externalidades existen diferentes metodologías, desde las más simples que aplican solo un tratamiento cualitativo (Turtós y otros, 1999) hasta muy complejas como la Metodología de Vías de Impacto, la que requiere para su aplicación una amplia gama de datos ingenieriles, meteorológicos, epidemiológicos y económicos, entre otros (Spadaro, 1999). La aplicación de la metodología Vías de Impacto usualmente se dificulta en los países en vías de desarrollo debido a la carencia de bases de datos detalladas y requeridas por la modelación matemática que sustenta esta metodología.

---

* Contacto: Tel.: (537) 206-2065 ● C.E.: emeneses@cubaenergia.cu.

En el caso de Cuba, estos estudios son de vital de importancia. Los niveles de contaminación atmosférica en el país, en varias zonas urbanas e industriales son significativos (Moa, Mariel, Nuevitas, Nicaro, Santa Cruz del Norte y La Habana), pues pese a los esfuerzos para una paulatina modernización de la industria en general, predominan los procesos basados en tecnologías de baja eficiencia, atrasadas y en mal estado técnico, que usan combustibles de alto contenido de impurezas, carentes de tecnologías de tratamiento de las emisiones.

El desarrollo energético e industrial del país exige la introducción de nuevas tecnologías que normalmente aportan carga a los niveles de contaminación ya existentes. Por ejemplo, la Revolución Energética y en particular el programa de generación eléctrica distribuida que se desarrolla actualmente contempla, entre otras acciones, la instalación de grupos electrógenos estructurados en baterías o aislados; para operar en régimen base (funcionamiento continuo las 24 horas del día, en régimen pico y en situaciones de emergencia). Como en todas las instalaciones basadas en la combustión de combustibles fósiles (*fuel oil*, los que funcionan en régimen base y diésel los restantes), durante su funcionamiento se emiten a la atmósfera gases contaminantes, fundamentalmente óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno y partículas en suspensión.

En este ensayo comentaremos la evolución en la estimación de las externalidades en el país, las soluciones encontradas para el refinamiento de los resultados a través de la aplicación de metodologías cada vez más detalladas y la importancia de su incorporación en la toma de decisión del sector energía.

A pesar de los avances obtenidos en las estimaciones, los métodos de evaluación de impacto y las técnicas económicas usadas para valorarlos continúan siendo un problema polémico, no obstante, estas limitaciones pueden superarse con investigaciones futuras.

B. Metodología vías de impacto

La metodología Vías de Impacto fue desarrollada por la Unión Europea en el marco de proyecto ExternE «Externalidades de la Energía», este proyecto comenzó en 1995 y ha tenido varias etapas, cada una superando en metodologías y modelos a las etapas anteriores (European Commission, 2005). El último de los proyectos relacionado con las externalidades de la energía y llevado a cabo por la Unión Europea se denominó «*New Energy Externalities Development for Sustainability/NEEDS*» y concluyó en 2008. En marco de este proyecto se estimaron las externalidades desde la perspectiva de análisis de ciclo de vida de diferentes tecnologías energéticas (véase: www.needs-project.org).

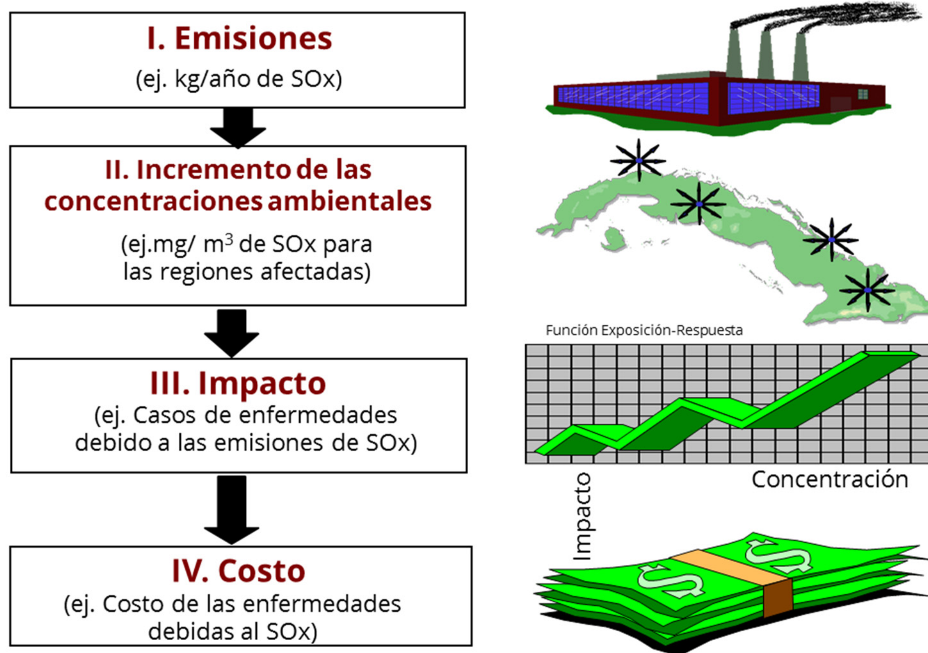
La metodología «Vías de Impacto» comprende cuatro etapas (véase el diagrama V.2.1):

a) caracterización de la fuente emisora: localización, datos de la chimenea, flujos de contaminantes emitidos, entre otros;
b) dispersión: cálculo del incremento de las concentraciones de los contaminantes emitidos en las regiones afectadas (dominio local y regional), utilizando modelos de dispersión o transporte de contaminantes atmosféricos;
c) evaluación de impactos: evaluación de funciones exposición-respuesta, las cuales relacionan un impacto físico observado o síntoma en la salud con una exposición dada a un contaminante, y
d) costos: evaluación monetaria de los impactos en la salud, tanto de morbilidad como de mortalidad.

Los países de la Unión Europea utilizan para la estimación de las externalidades de la energía el modelo EcoSense (European Commission, 2005), mientras que los Estados Unidos utiliza el modeloBenMAP (Abt. Associates Inc., 2008).

Las primeras aplicaciones de la metodología Vías de Impacto se realizaron en el país utilizando las metodologías simplificadas, con el modelo SIMPACTS (OIEA, 2003), suministrados a los países por el Organismo Internacional de la Energía Atómica (Meneses y otros, 2001). Aunque este modelo tiene un conjunto importante de simplificaciones con vista a dar solución a la escasez de datos, su aplicación no es trivial y requiere de conocimientos previos relacionados con varias disciplinas.

Diagrama V.2.1
Metodología vías de impacto: contaminación atmosférica local y regional



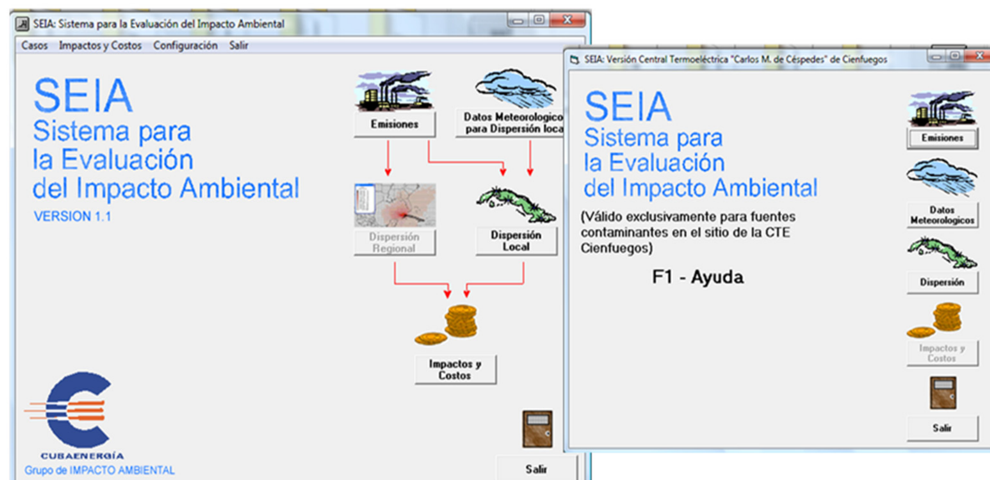
Fuente: Elaboración propia con base en European Commission, ExternE, 2005.

En la actualidad para la aplicación de la metodología Vías de Impacto, se dispone en el país del «Sistema para la evaluación del impacto ambiental y externalidades de instalaciones energéticas» (SEIA), creado por especialistas del Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía CUBAENERGIA (Turtós y otros, 2005). Este sistema desarrollado con recursos propios permite evaluar el impacto ambiental y las externalidades de diferentes fuentes de energía considerando a su vez, los diferentes pasos de una cadena energética. Utilizando este modelo se pueden estimar los impactos en la salud humana, cultivos y materiales, de contaminantes atmosféricos criterios[133]. Existe una versión de este modelo que ha sido instalada en las principales centrales termoeléctricas del país

133 Se denominan contaminantes del aire denominados "*clásicos*" », o "*criterio*" » a aquellos que debido a su omnipresencia en los asentamientos humanos, así como por factibilidad técnica de su medición, entre otros factores, han sido con mucho los más estudiados, por lo que existe un mayor nivel de conocimientos de sus características tóxicas y riesgos para la salud asociados, con respecto a otras sustancias contaminantes más específicas o difíciles de evaluar, por lo que en ocasiones se utilizan como trazadores de otros agentes emitidos en los mismos procesos y fuentes. Se incluyen entre los contaminantes *criterio*: las partículas en suspensión, SO_2, NO_2, O_3, CO y Pb. En consecuencia, son solo éstos los contaminantes que cuentan con normas nacionales de calidad del aire en la gran mayoría de los países.

para estimar las afectaciones a la calidad del aire que se produce en tiempo real (véase el diagrama V.2.2).

Diagrama V.2.2
Pantalla de principal del modelo SEIA



Aun cuando no llegue completarse la evaluación de las externalidades cada etapa aporta información relevante relacionada con los aspectos ambientales de la fuente de contaminación. Ejemplo de ello los constituyen las etapas I y II, estimación del inventario de contaminantes emitidos y afectaciones de estas emisiones a la calidad del aire, donde existen normativas ambientales que regulan tanto las emisiones como la calidad del aire. En el caso de Cuba, recientemente se aprobó la norma cubana que establece las concentraciones máximas de contaminantes en las emisiones desde fuentes fijas[134] y existe la norma que establece las concentraciones máximas admisibles en el aire[135]. Cada país adopta sus normativas en dependencia de su desarrollo socio-económico, bajo el principio de que los valores establecidos sean menores que aquellos considerados de riesgo, tanto para la salud como para el medio ambiente.

El desarrollo alcanzado en la predicción y estimación de los impactos de la contaminación atmosférica y en la aplicación de normativas ambientales, ha logrado, sobre todo en países desarrollados, reducir las emisiones, a partir de la eficiencia energética y la utilización de dispositivos o tecnologías de control de emisiones. Sin embargo, aún persiste esta problemática en otros países desarrollados, y más aún en los países en vías de desarrollo, incluidos los países de la región que debido a sus carencias financieras y a las demanda insatisfechas de energía, en ocasiones obvian los aspectos ambientales. La desulfurización de los combustibles, por ejemplo, no está al alcance de muchos países en vías de desarrollo que continúan utilizando combustibles con alto contenido de azufre (por encima de 3%), que provocan altas emisiones de SO_x durante los procesos de combustión.

134 NC-TS 803 (2010), Emisiones máximas admisibles de contaminantes a la atmósfera en fuentes fijas puntuales de instalaciones generadoras de electricidad y vapor.

135 93-02-202 (1987), Sistema de Normas para la Protección del Medio Ambiente. Requisitos higiénico-sanitarios: Concentraciones máximas admisibles, alturas mínimas de expulsión y zonas de protección sanitaria.

C. Modelación del transporte de contaminantes

Una vez que los contaminantes son emitidos, estos son transportados o dispersados. La dispersión atmosférica puede ser dividida en local, cuando se extiende a un área de hasta 50 km alrededor de la fuente y regional cuando se extiende más allá de 50 km y alcanza hasta algunos miles de km.

Dependiendo del alcance de la evaluación (global, regional o local) son empleados diferentes modelos para el cálculo de las concentraciones. Otro de los criterios de clasificación de los modelos de dispersión es su grado de sofisticación, y de acuerdo con este se pueden clasificar en dos niveles: simplificados o de sondeo y en refinados o detallados.

Debido fundamentalmente a la carencia de recursos, no existen en la actualidad posibilidades reales para la evaluación y control sistemático de la calidad del aire mediante mediciones.

Los modelos simplificados utilizan algoritmos relativamente simples que generalmente parten de prefijar las peores condiciones meteorológicas, para proporcionar estimaciones conservadoras de las afectaciones a la calidad del aire de las fuentes evaluadas. Su propósito es eliminar la necesidad de utilizar modelos refinados para evaluar fuentes que evidentemente no contribuirán a que se superen las concentraciones admisibles de los contaminantes en el aire. En caso que un modelo simplificado indique que la contribución de la fuente supera un valor normado o guía, entonces deben aplicarse modelos más sofisticados.

Los modelos refinados contienen algoritmos más complejos para representar los procesos físicos y químicos de la atmósfera, requieren datos de entrada más detallados y precisos, y como resultado proporcionan, al menos teóricamente, una estimación más exacta de los impacto de la fuente modelada (concentraciones y deposiciones incrementales), que se traduce directamente en una mejor comprensión de los riesgos de los receptores afectados, así como una mejor valoración del cumplimiento de las normas de calidad del aire, permitiendo decisiones más informadas. El uso de los modelos refinados es particularmente importante porque permiten identificar las fuentes de mayores de impactos y ayudan a la toma de decisiones sobre el enfoque más apropiado para mitigarlos.

Lo más deseable es usar técnicas simplificadas y si resulta necesario, realizar un análisis más refinado. Sin embargo, hay situaciones dónde los modelos simplificados son práctica y técnicamente la única opción viable para estimar el impacto de la fuente, ya sea por no disponerse de los datos necesarios exigidos por los modelos refinados o por tratarse de un caso para el que no exista un algoritmo refinado que la describa.

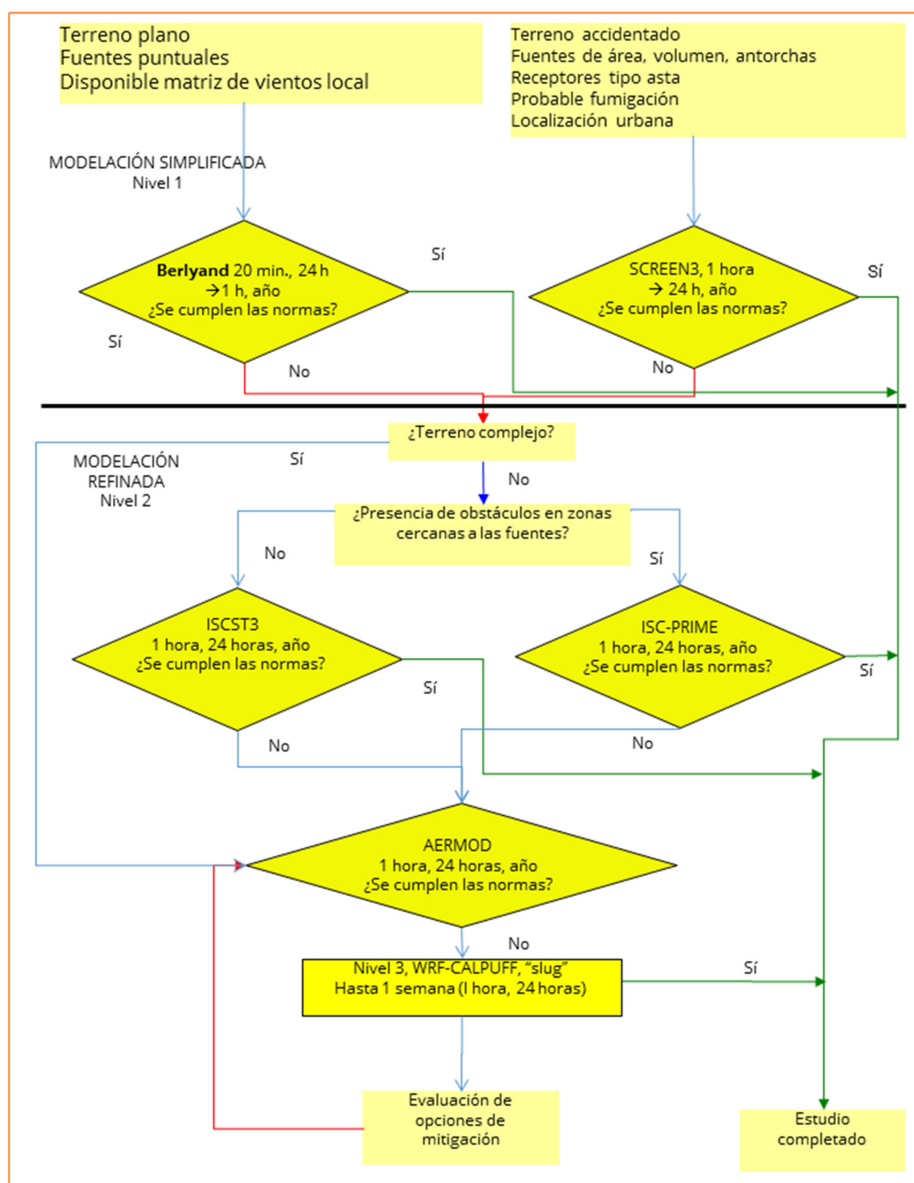
Para superar las limitaciones de los modelos simplificados se propone sustituirlos por un enfoque por niveles que contempla dos niveles para los estudios refinados, usando en el Nivel 2, ISCST3 (1995) y AERMOD (EPA, 2004); y en el Nivel 3, WRF (PSU/NCAR, 2007)-CALPUFF (Scire y otros, 2000) (véase el diagrama V.2.3). Todos estos modelos son propuestos por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA) y de código libre.

AERMOD es un modelo local, de nueva generación, de uso reglamentado por muchos países que se alimentan de datos meteorológicos de superficie (horarios) y de aire superior (dos veces al día). Las soluciones desarrolladas permiten la utilización del modelo aun cuando los datos de aire superior no están disponibles, a partir solo de los datos de superficie.

CALPUFF es capaz de manejar efectos de transporte y dispersión en situaciones de vientos complejos entre decenas de metros y 300 km, porque su pre-procesador meteorológico, CALMET, estima campos horarios de las variables meteorológicas para la zona de estudio en forma de rejilla tridimensional. Para esto necesita también datos meteorológicos de aire superior. Las soluciones

realizadas para AERMOD no han sido introducidas en CALMET debido a la complejidad que introduce la rejilla de datos meteorológicos, por tanto se propone alimentar a CALMET con los resultados de pre-procesadores de datos meteorológicos y geofísicos de mesoescala, como WRF.

Diagrama V.2.3
Propuesta de enfoque por niveles para modelar la dispersión local de contaminantes



Fuente: Elaboración propia.

No sólo se han modelado las fuentes fijas, utilizando los modelos *International Vehicle Emissions model* (IVE) y CAL3QHCR (EPA, 1995), se han estimado y modelado las emisiones y la calidad de aire del transporte vehicular dentro de la ciudad de la Habana (Paz y otros, 2008).

El IVE[136] es un modelo relativamente sencillo, validado mediante su aplicación en un número importante de ciudades de todo el mundo y orientado hacia las especificidades de países en vías de desarrollo (Davis y otros, 2004).

Estos avances en la modelación del transporte de contaminantes han permitido refinar los resultados en la estimación de las externalidades, reduciendo las incertidumbres asociadas a esta etapa.

D. Evaluación de impacto

Los impactos en la salud son cuantificados a través de Funciones Exposición-Respuesta (FER), las que relacionan el incremento de los niveles de concentración de los contaminantes durante un período de tiempo (exposición) con el incremento de la probabilidad de ocurrencia del efecto adverso (riesgo), determinando la proporción de sujetos afectados en la población (respuesta). Las FER se determinan mediante estudios clínicos y epidemiológicos. Realmente, la concentración real a evaluar debería corresponder a la media integrada de la exposición personal propia del receptor (la dosis externa que el receptor recibe) para un período de tiempo determinado. Aunque esta dosis externa personal está fuertemente influenciada por la calidad del aire en exteriores, tal como se refleja en los resultados de los monitores de calidad del aire en la localidad, es igualmente afectada por otros factores tales como: el tiempo que las personas pasan al aire libre, la relación de concentración dentro y fuera de locales, el nivel de actividad física, la composición del aire contaminado y la proximidad a la fuente de contaminación. Sin embargo, en la práctica esta información tan detallada, casi nunca está disponible, es por esta razón que para la evaluación de los impactos se emplean funciones exposición-respuesta en lugar de funciones dosis-respuesta (Spadaro, 1999).

Las FER que se debieran utilizar en una evaluación son aquellas que se obtienen para la población o región donde van a aplicarse, para lograr un mejor control del impacto de otros posibles factores naturales y socioeconómicos que actúen como factores de confusión o modificadores. Sin embargo, este tipo de información no siempre está disponible por el costo y complejidad de los estudios epidemiológicos, así como por la necesidad de contar con registros históricos de monitoreo ambiental que permita realizar, al menos de forma aproximada, la evaluación cuantitativa de la exposición. Por ello los especialistas han debido recurrir a los resultados de otras investigaciones realizadas otras regiones para realizar sus evaluaciones de impacto.

Estos estudios epidemiológicos se han llevado a cabo, fundamentalmente, en países desarrollados donde se emplean combustibles y tecnologías más eficientes y menos contaminantes, presentando factores de emisiones más bajos, que en la mayoría de los casos no guardan relación directa con efectos en la salud. Todo lo contrario ocurre en los países en vías de desarrollo, donde en ocasiones los valores ambientales de fondo superan los recomendados (valores guía) de la Organización Mundial de la Salud, las normas de calidad del aire de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos y otros países desarrollados, fundamentalmente en las grandes urbes.

Debido a la multitud de exposiciones simultáneas de las poblaciones a otros múltiples factores de riesgo, los que pueden actuar tanto de forma independiente o interactuar con el contaminante objeto de estudio, confundiendo o modificando la relación causal evaluada y teniendo en cuenta la relativa debilidad de estas asociaciones, ningún estudio epidemiológico individual, por completo que sea, permite obtener FER precisas; por lo que éstas deben ser obtenidas a partir del análisis de la

---

136 Véase: <www.gssr.net/ive/index.html>.

evidencia disponible más actualizada, por ejemplo, mediante el meta análisis de los estudios más relevantes.

La carencia de estudios epidemiológicos en el país debido a la inexistencia de una red de monitoreo ambiental hace que se transfieran FER de otros estudios. Aunque es la solución más práctica, la generalización de estudios no siempre es conveniente y cuando se realiza se debe tener en cuenta similitudes, siempre que sea posible, en los siguientes aspectos (Romieu y otros, 1997):

a) niveles de exposición (más válido en un rango comparable);
b) factores socio-demográficos (incluida pirámide poblacional por grupos de edad), estado de salud de la población (principales causas de morbilidad y mortalidad general y por grupos de edades; esperanza de vida al nacer). Cobertura poblacional y distribución territorial por parte de los servicios de asistencia médica, y
c) composición relativa de la mezcla (de los principales contaminantes en general, así como de las partículas) a que está expuesta la población y subgrupos de ésta (aspecto a inferir a partir del conocimiento de las fuentes y el inventario de las emisiones correspondientes.

Además de los aspectos antes mencionados se decidió tener en cuenta, de acuerdo con la disponibilidad y posibilidad, los siguientes aspectos en orden preferencial:

a) dar preferencia a aquellos estudios que incluyen modelos multi-contaminantes;
b) actualidad del estudio en dependencia del año en que se realizó, y
c) dar preferencia a estudios con un amplio número de receptores, teniendo en cuenta por ejemplo estadísticas de varias ciudades.

A partir de estos criterios se han seleccionado los conjuntos de FER que se han empleado en los estudios nacionales.

Adoptando las metodologías de ExternE (European Commission, 2005), en lugar de estimar los números de muerte se estima la pérdida de expectativa de vida o Años de Vida Perdidos (AVP) por estar expuesto a la contaminación. Para valorar la pérdida de expectativa de vida debido a la mortalidad crónica, Leksell y Rabl (2001) desarrollaron una metodología que expresa directamente la pendiente de las FER en AVP/(persona-año-µg/m^3). Ya es práctica habitual utilizar esta metodología en nuestros estudios (Meneses, 2010).

Para la evaluación de impactos en otros receptores diferentes a la salud humana se han aplicado las FER propuestas en ExternE 2005 (European Commission, 2005).

a) Evaluación monetaria

El último paso en el análisis dentro de la Metodología Vías de Impacto es la evaluación económica de los costos externos de la contaminación atmosférica.

b) Pérdida de expectativa de vida

En los últimos años, muchos estudios han intentado cuantificar el impacto de la mortalidad debida a la contaminación del aire. Antes de 1996 era frecuente estimar el número de muertes prematuras y aplicar el Valor Estadística de la Vida para obtener un valor monetario de estas muertes, en la actualidad este enfoque ha cambiado y en lugar de estimar el número de muertes y su valor monetario, se estima la pérdida de la expectativa de vida.

Las medidas más comunes de la Voluntad a Pagar (VAP) para reducir el riesgo de muerte prematura son el Valor Estadístico de la Vida (VEV, VSL del inglés) y el valor de estadístico de un año vida (VEAV, VSLY del inglés) o también llamado valor de un año de vida perdido (VAVP).

No existen estudios anteriores llevados a cabo en el país por el cual se hayan determinado el valor estadístico de la vida. Sin embargo, se cuenta con las referencias de los Estados Unidos, Europa y México.

Para estimar los costos de mortalidad, en ausencia de estudios nacionales, constituía una práctica frecuente transferir los resultados de estudios europeos y norteamericanos mediante la siguiente ecuación, utilizando las relaciones de la Paridad del Poder de Compra:

$$\text{Daño_y} = \text{Daño_x}.(\text{PPP PNB_y} / \text{PPP PNB_x})^{E}$$

Donde el PPP PNB es la paridad del poder de compra del Producto Nacional Bruto y E es el coeficiente de elasticidad del ingreso con respecto al PPP PNB, que depende de lo que estarían dispuesto a invertir las personas del país «y» en obtener beneficios en salud similares a los del país «x», Daño_y, es el costo trasferido para el país y Daño_x, es el costo del país x, el cual es conocido.

Actualmente se aplica la metodología propuesta en ExternE 2005 (European Commission, 2005), para estimar VAVP y ser consistentes con las evaluaciones de impactos donde la mortalidad se expresa en AVP. El VAVP crónico resultó de 15.259 mientras que el VAVP agudo 26.426 ambos expresados en $2.007 (Meneses, 2010).

c) Valoración de la morbilidad

Para valorar la morbilidad se emplea la suma de los diferentes tipos de costos que tiene asociado un efecto en salud: Costos de Enfermedad (CE) + Pérdida de Productividad (PP) + Voluntad a Pagar (VAP).

Algunos estudios consideran la suma de los tres costos involucrados como un estimado alto del costo unitario del efecto dado, lo que es una consideración bastante razonable teniendo en cuenta que los estudios de VAP, se basan en estimar cuanto los individuos estarían dispuestos a pagar por no enfermar. Es lógico que para efectos más perjudiciales donde los costos de enfermedad y la pérdida de productividad son elevados, los costos de VAP sean también elevados. Sin embargo, no siempre han sido determinados los tres tipos de costos asociados, existen efectos en salud para los cuales solamente se encuentra disponible el costo de la VAP y otros donde se han calculado los costos de enfermedad y la pérdida de productividad, relacionando este último con la indisponibilidad para realizar tareas productivas y por tanto en valor igual al salario medio del país donde se realiza el estudio.

Al no existir estadísticas nacionales que permitan obtener costos para los efectos de la contaminación atmosférica, ni estudios previos con resultados que puedan ser utilizados, se decide utilizar los la suma de los tres costos involucrados, aunque sea un estimado alto, transfiriendo los resultados de estudios extranjeros utilizando la paridad del poder de compra del Producto Nacional Bruto (Meneses, 2010).

E. Resultados de estudios

El primer estudio llevado a cabo en el país (CUBAENERGIA, 2004), se aplicando el modelo SIMPACTS, estimó las externalidades para las centrales termoeléctricas del país de 50 MW o más de potencia. Estos costos obtenidos oscilaron entre 0,56–1,22 centavos de dólar por kWh, correspondiendo los valores más elevados a aquellas plantas con densidad de población alta en su área de impacto.

En el estudio desarrollado por Turtós y otros (2006) se estimaron las externalidades de la generación eléctrica considerando solo las Centrales termoeléctricas más importantes, ubicadas en zonas cercanas a la capital y dentro de la misma. Como resultado se obtuvieron costos de 1,06 centavos de dólar por kWh. Los costos estimados son elevados pero consistentes con la ubicación de las plantas, cercanas a la capital y utilizando combustible con alto contenido de azufre. Para estas estimaciones se aplicó, por primera vez en el país, un modelo de transporte regional de contaminantes el modelo de Rosa de los Vientos, WTM, del inglés *Windrose Trajectory Model* (Trukenmuller, 1995).

Por otra parte, resultados de ExternE señalan los menores costos del daño para las tecnologías renovables, mientras que para las fósiles estos costos son superiores (European Commission, 2003). Las externalidades no deben ser estimadas para una sola etapa de una tecnología energética, por ejemplo, la generación de electricidad. Para muchas fuentes, en los procesos de construcción e instalación de una tecnología hay consumos de materiales y energía, que también provocan afectaciones, y que deben ser tomados en cuenta. Es por ello que las tecnologías energéticas se evalúan teniendo en cuenta todo su ciclo de vida desde que se construye y se instala, hasta que es desmantelada.

En el caso de la biomasa, nuclear y combustibles fósiles, es necesario tener en cuenta además de los costos de daño ocasionados por la propia tecnología, los costos relacionados con la extracción, transporte, procesamiento y disposición final de los combustibles.

No obstante las fuentes renovables de energía como hidroeléctrica, la energía eólica y la energía nuclear son las que menores costos ambientales tienen en todo su ciclo de vida (Preiss, 2008).

1. Externalidades asociadas al cambio climático

La evidencia científica de que el cambio climático presenta riesgos globales muy serios y exige acciones globales urgentes, es aplastante. Hay todavía tiempo para evitar los peores impactos del cambio climático, si se realizan acciones importantes a corto plazo. La mitigación del cambio climático puede ser vista como una inversión. Los costos de las acciones son significativos pero manejables; el retraso sería peligroso y mucho más costoso. Se mencionan costos anuales de estabilización a 500–550 ppm de CO_2 del orden del 1% del Producto Interno Bruto (PIB) mundial para 2050.

El crecimiento económico ha sido y continúa siendo determinante en el nivel de emisiones, pero existen opciones para reducirlas sin frenar el desarrollo. Deben trazarse políticas que motiven a acciones, tales como: el establecimiento de precios para el carbón (a través del impuesto, comercio o regulación), el desarrollo tecnológico y la eliminación de barreras a los cambios de comportamiento, entre otras. Frenar la deforestación es una manera muy rentable de reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Es imprescindible impulsar y sostener acciones de cooperación internacional que involucren a todos los países. Una mayor cooperación internacional para acelerar la innovación tecnológica y difundir sus resultados, reducirá los costos de mitigación.

Dada la complejidad del cambio climático, los tomadores de decisión requieren una síntesis coherente de todos los aspectos involucrados que sólo puede ser ofrecida por una valoración integrada. La valoración integrada es un proceso interdisciplinario de combinación, interpretación y comunicación de conocimientos de diversas disciplinas científicas que permite de manera relativamente sencilla, evaluar el conjunto completo de interacciones causa–efecto relacionados con un problema (Ahmad y otros, 2001).

Los modelos integrados de valoración del cambio climático (MIVCC) constituyen una herramienta útil y sus resultados recientes sugieren que los impactos pudieran resultar superiores a los que fueran estimados con anterioridad. Los modelos macroeconómicos confirman estas estimaciones. Aunque el nivel de incertidumbre en las valoraciones es elevado, existen evidencias suficientes para dar crédito a los riesgos que implicaría no realizar acciones de mitigación.

Los MIVCC son modelos matemáticos cuyo objetivo es representar interacciones complejas entre escalas temporales y espaciales, procesos y actividades (IPCC, 2007). Estos modelos consideran los factores socioeconómicos, demográficos, tecnológicos y de producción y consumo que determinan los niveles de emisiones de gases de efecto invernadero, y que junto con los ciclos biogeoquímicos y la química atmosférica determinan las concentraciones atmosféricas de dichos gases, el forzamiento radiactivo y sus implicaciones para el clima global y regional, así como los impactos en los sistemas biofísicos y en la economía mundial y regional (Parson y Fisher-Vanden, 1995).

Estos modelos contienen grandes simplificaciones de los sistemas naturales y sociales, por lo que es importante conocer sus limitaciones. Parson y Fisher-Vanden (1995) recomiendan tener en cuenta que hasta el MIVCC más ambicioso está basado en sub-modelos con grandes simplificaciones de los sistemas naturales y sociales. Las principales limitaciones se relacionan con el hecho de que los sistemas naturales y económicos son grandes, complejos y caóticos, donde el conocimiento científico no es completo y aspectos como la vida humana, la biodiversidad y el cambio climático son difíciles de cuantificar, y las consecuencias de las políticas que se adopten no se conocerán en su totalidad hasta dentro de décadas o siglos.

Los modelos son una herramienta para apoyar la toma de decisiones en cuanto a los impactos de cambio climático a nivel regional y global considerando distintos sectores (con mercado y sin mercado), políticas de reducción de emisiones y su costo/efectividad y costo/beneficio, el costo social del carbón, así como en algunos casos, posibles políticas de adaptación. No son modelos predictivos, más bien crean escenarios posibles de lo que podría ocurrir bajo condiciones de cambio climático, y proveen información que difícilmente se podría construir con otras herramientas de análisis.

Por su enfoque integrador, el nivel de detalle y resolución, no están pensados originalmente para responder preguntas a nivel país (exceptuando el caso de grandes potencias), si no para dar evaluaciones para grandes regiones considerando el contexto global.

Hasta el momento, en todos los modelos, tanto los datos de entrada como los resultados están dados por regiones o son globales. Los costos calculados (daños generados por el cambio climático, los costos de adaptación y de reducción de las emisiones) son sustraídos del PIB proyectado.

Es importante la interpretación de los resultados. Las proyecciones obtenidas permiten ilustrar los riesgos involucrados, pese a sus elevadas incertidumbres. El modelado de muchas décadas y regiones, demanda juicios éticos de manera sistemática y explícita. Por ejemplo, si se le da poco peso a los efectos futuros mediante el empleo de tasas de descuento altas, se producirían estimaciones bajas de los costos y, consecuentemente, no se tomarían acciones para frenar el cambio climático.

La modelación del impacto global del cambio del clima representa un desafío extraordinario, pues involucra períodos de tiempo muy largos (un siglo o más) y, además, los efectos aparecen con retrasos, son muy duraderos y afectan a todo el mundo.

Los parámetros usados en los modelos como datos de entrada están calibrados de acuerdo con los resultados de numerosas investigaciones científicas y económicas. Los modelos, en realidad, resumen los resultados de estos estudios precedentes.

La mayoría de los modelos usan como un punto de partida un calentamiento global de 2–3 °C. En este rango de temperaturas, el costo del cambio climático oscila entre 0% y 3% de pérdida del PIB global con respecto a lo que podría lograrse en un mundo sin cambio climático. Los países pobres sufrirán los costos más altos.

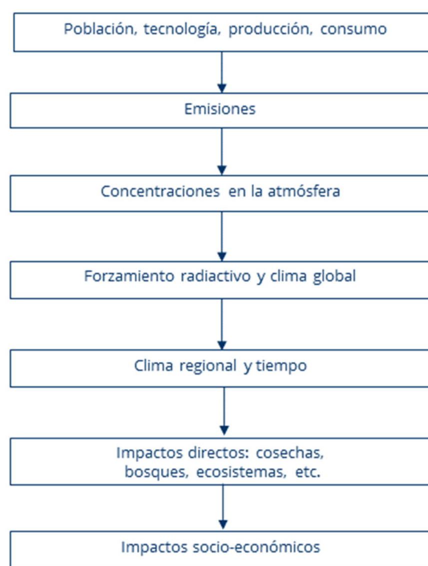
Realmente, si no se toman medidas (escenario conocido como *Business as Usual* —BAU—) los aumentos de temperatura pueden exceder 2–3 °C a fines de este siglo. Esto aumenta la probabilidad de otros impactos adicionales a los previamente considerados y más difíciles de cuantificar como, por ejemplo, el cambio abrupto y a gran escala del clima.

Con 5–6 °C de calentamiento global, los modelos que incluyen este impacto, sugieren pérdidas entre 5% y 10% del PIB global, y mayores aún en los países pobres.

La Metodología Vías de Impacto, aplicada para estimar las externalidades ocasionadas por la contaminación atmosférica a nivel local y regional, resulta también válida para evaluar la contaminación global ocasionada por las emisiones de gases de efecto invernadero, responsable del cambio climático, siguiendo los pasos que se muestran en el diagrama 4 (Turtós y otros, 2008). El cambio climático puede ser considerado como una externalidad asociada con las emisiones de GEI por cuanto se expresa en costos que no son asumidos por quienes generan las emisiones. Sin embargo, tiene varias características esenciales que lo distinguen de otras externalidades: es global en sus causas y consecuencias; los impactos son a largo plazo y persisten por mucho tiempo; las incertidumbres y los riesgos de los impactos constituyen la clave de las valoraciones.

La adaptación al cambio climático brinda la posibilidad de reducir en forma sostenible su impacto. Una adaptación previsora y planeada pudiera contribuir a evitar muchos de los elevados costos ecológicos, sociales y económicos derivados de depender sólo de una adaptación autónoma de reacción a los efectos acumulativos. Diseñadas apropiadamente, muchas estrategias de adaptación pueden proporcionar beneficios múltiples a mediano y largo plazo. La mejora de la capacidad de adaptación reduce la vulnerabilidad de sectores y regiones al cambio climático, contribuyendo de este modo a la equidad y el desarrollo sostenible.

Diagrama V.2.4
Metodología vías de impacto. Contaminación atmosférica global



Fuente: Smith y otros, 2001.

Richard S.J. Tol (2005) estimó el costo marginal del daño para el CO_2 a partir de aplicar un MIVCC, el FUND: *Climate Framework for Uncertainty, Negotiation and Distribution*. Dependiendo de la tasa pura de preferencia temporal, el costo marginal del daño resultó de 7 dólares por tC ó 33 dólares por tC (9 dólares por tCO_2). Este costo es menor al costo actual de la tonelada de CO_2, por lo que ExternE 2005 (European Commission, 2005) lo asume como un estimado bajo del costo.

Las externalidades relacionadas con los impactos indirectos de los GEI, aunque es posible aplicar la metodología Vías de Impacto, son las más difíciles de evaluar y las que tienen mayores incertidumbres asociadas por el nivel de conocimiento aún bajo en predicción y cuantificación de los posibles impactos. Es por ello por lo que, a diferencia de las externalidades de otros contaminantes, no siempre se toma el precio de reducir la tonelada de CO_2 a partir de la cuantificación de los impactos y si a partir de los costos de las soluciones que llevarían a reducir a niveles determinados las emisiones de GEI, digamos en los países desarrollados el costo de las medidas de mitigación que implicarían el cumplimiento de los compromisos de Kioto, en función del precio en el mercado de CO_2.

2. Dificultades para la adopción de un modelo para la región

Como parte de la Segunda Comunicación Nacional a la CMNUCC se evalúa la factibilidad de aplicar un MIVCC para la región del Caribe (Meneses, 2009). Sin embargo, es necesario que los expertos tengan en cuenta que todos los modelos disponibles están hechos desde la perspectiva de los países desarrollados. Los intereses y preocupaciones sobre cambio climático no necesariamente coinciden con los de los países en desarrollo.

La adopción o no de un modelo para evaluar los costos del cambio climático, así como su modificación o la creación de un modelo propio, dependerá del tipo de estudio que se quiera realizar y sus objetivos y este a su vez, de la disponibilidad de información, capacidad de modelación y de los recursos destinados.

Los modelos disponibles son modelos globales o regionales, sus datos de entradas así como parámetros utilizados en sus principales ecuaciones, están establecidos para las regiones que cada modelo establece y no para países de forma independiente.

Las regiones en cada modelo se establecen de forma diferente, en algunos los países son agrupados por regiones geográficas y en otros por sus características socio-económicas. Algunos expertos son del criterio desagregar las regiones en el modelo que resulte a utilizar. Sin embargo no se debe olvidar que independiente de la región, el cambio climático tiene efecto global, no depende de la región de análisis sino de la interacción de todas las regiones. Las emisiones generadas por los países ricos, por ejemplo, tienen impactos en todo el mundo. Los escenarios de emisiones de la región del Caribe, por ejemplo, son despreciables si se compara con los de otras regiones.

La posibilidad de modificar los códigos fuentes para obtener una versión desagregada, es una opción desechada porque sería muy difícil, y también sería necesario recoger y actualizar la mayoría de los parámetros utilizados en las ecuaciones principales de estos modelos, ya definidas para las regiones consideradas.

Otra cuestión importante desde el punto de vista del impacto, lo constituye la forma en que el cambio climático afecta el régimen de precipitaciones. Ninguno de los modelos analizados modelas precipitaciones, ni los impactos ocasionados por el cambio en esta variable o a sus eventos asociados como sequías e inundaciones, cuestión de suma importancia para la región.

Se hace necesario verificar los impactos realmente importantes para la región y si han sido incluidos o no en estos modelo. De no ser incluidos, habría que evaluar entonces si se cuenta con la información suficiente para que sean incorporados. En el país se han llevado a cabo estudios que relacionan el impacto del cambio climático sobre ecosistemas y cultivos. Sin embargo, para incorporar estos impactos a la modelación será necesario disponer de la información suficiente en cuanto a relación causa-efecto que nos permita obtener una función de daño.

Por otra parte, dada la importancia que tiene la adaptación para la región, mucho más que la mitigación ya que las emisiones de la región son muy bajas y las reducciones que se logren tendrá un efecto despreciable; se hace necesario mejorar la forma en que esta es evaluada, de manera que se cuente con elementos suficientes para la toma de dediciones en este sentido. El retraso en incorporar medidas de adaptación incrementará los costos del cambio climático.

3. Valoraciones generales

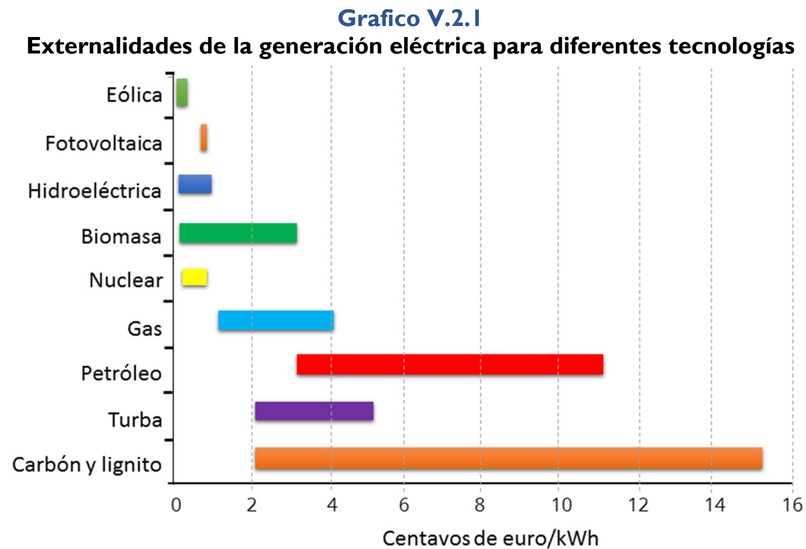
Las tecnologías que formarán la matriz energética se seleccionan fundamentalmente de acuerdo con su accesibilidad (incluidos sus costos) y aspecto ambientales como emisiones de contaminantes y emisiones GEI.

El costo de generación de electricidad continúa siendo un elemento clave en la selección de la tecnología energética a emplear dentro de la matriz de cada país y principalmente en los países en vías de desarrollo donde se prevé, incrementos considerables en los consumos energéticos para lograr niveles superiores de desarrollo económico y social. Sin embargo, al no tener internalizadas las externalidades este costo deja de ser real. Es por ello que es tan importante poder cuantificar los impactos negativos del uso de la energía y concientizar de esto a los tomadores de decisiones. El hecho de que las externalidades no estén internalizada no implica un menor costo, sino que esos costos dejados de considerar son asumidos por otros.

Si estos costos del daño o externalidades, fueran incorporados a los precios de generación, las tecnologías fósiles no fueran tan competitivas desde el punto de vista económico como lo son en la actualidad y la limitante de altos costos de generación para tecnologías no fósiles, ya no lo fuera. El gráfico V.2.1 muestra las externalidades de la generación eléctrica para diferentes tecnologías.

Es posible hacer competitiva una tecnología en base a combustibles fósiles, desde el punto de vista ambiental, pero a expensas de incrementar los costos de generación, de hecho existen las llamadas tecnologías de reducción de emisiones, estás incluyen sistema de limpieza de gases (SO_X y NO_X) y partículas, que permiten extraer del flujo de gases de combustión los elementos contaminantes. Sin embargo, estás tecnologías son aún muy costosas. Sus costos de instalación están por el orden de millones de dólares. Mientras que los costos anuales de operación y mantenimiento alrededor de miles de dólares por cada tonelada de contaminante removida, además de que aumenta los consumos de energía propios de la tecnología. Aún eliminando los contaminantes tradicionales existe el inconveniente de los GEI, los que no pueden ser removidos del flujo de gas.

Grafico V.2.1
Externalidades de la generación eléctrica para diferentes tecnologías



Fuente: Comisión Europea (2003).

La captura y el almacenamiento de CO_2 constituyen una propuesta de solución a las emisiones de CO_2 para la generación con combustibles fósiles, aunque hay muchas incertidumbres asociadas a las mismas. Hoy no funciona como un mercado maduro y sus costos son elevados, solamente al alcance de países desarrollados (IPCC, 2005).

Teniendo en cuenta el contexto ambiental actual, donde se necesita con brevedad reducir las emisiones de GEI y la contaminación ambiental, hay grandes oportunidades para la introducción de las fuentes renovables. Sin embargo, con su nivel de desarrollo actual, a corto y mediano plazo, ellas por si solas no son capaces de asumir la elevada demanda de energía. Todavía tienen que competir con los combustibles fósiles los que independientemente de los impactos negativos que provoca, son tecnologías en las que se ha acumulados años de experiencia en su utilización y elevada capacidad de producir energía por masa de combustible.

F. Bibliografía

Abt. Associates Inc. (2008), «BenMAP-Environmental Benefits Mapping and Analysis Program», *User's Manual*, September.

Ahmad, Q. K. y otros (2001), «Methods and Tools», *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 105-144.

CE (Comisión Europea) (2003), *External Costs – Research Results on Socio-Environmental Damages due to Electricity and Transport*, Bruselas, EC Study EUR 20198.

CUBAENERGÍA (2004), «Informe final del Proyecto: Externalidades ambientales atmosféricas de la generación eléctrica», *Proyecto Programa Nacional Desarrollo Energético Sostenible, N° 00613055*.

Davis, N. y otros (2004), «Mexico City Vehicle Activity Study. Final Report», *International Sustainable System Research*, July.

European Commission/ExternE (2005), «Externalities of Energy: Methodology 2005 Update», (EUR 21951), Directorate-General XII, Science Research and Development, Office for Official Publications of the European Communities, L-2920, Luxembourg, F75272, Paris, Cedex 06, France.

EPA (United States Environmental Protection Agency) (2004b), «User's Guide for the AMS/EPA Regulatory Model–AERMOD», EPA-454/B-03-001.

_______(1995a), «User's Guide for the Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Models», Vol. I, EPA-454/B-95-003a.

_______(1995b), «User's Guide for CAL3QHC version 2: A Modeling Methodology for Predicting Pollutant Concentrations Near Roadway Intersections», EPA-454/R-92-006 (revised).

IPCC (International Panel on Climate Change) (2007), «Climate Change 2007: The Physical Science Basis», *Working Group I contribution for the Fourth Assessment Report of the IPCC*.

IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) (2005), «Informe especial sobre captura y almacenamiento de dióxido de carbono», Cambridge (Reino Unido), Cambridge University Press. En el sitio web del IPCC figura un Resumen para responsables de políticas y un Resumen técnico en español (véase: www.ipcc.ch/languages/spanish.htm).

Meneses Ruiz, E. y otros (2010), «Evaluación preliminar de las externalidades atmosféricas provocadas por el transporte automotor», *6to Taller internacional de energía y medio ambiente*, Cuba, Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos, ISBN: 978-959-257-231-7.

_______ y otros (2009), «Una introducción a los modelos integrados de valoración del cambio climático», *I Congreso Internacional sobre Cambio Climático*, en VII Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, La Habana, Cuba, ISBN: 978-959-304-003-7.

_______ y L. Turtós (2001), «Estimación de los costos externos en Cuba utilizando las metodologías simplificadas», La Habana, Cuba, Instituto Superior de Ciencia y Tecnología Nuclear.

OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica) (2003), «SIMPACTS: Simplified Approach for Estimating Impacts of Electricity Generation», Multilanguage version.

Parson, E.A. y K. Fisher-Vanden (1995), «Searching for Integrated Assessment: A Preliminary Investigation of Methods, Models, and Projects in the Integrated Assessment of Global Climatic Change», Consortium for International Earth Science Information Network (CIESIN). University Center, Mich. [en línea], <sedac.ciesin.columbia.edu/mva/iamcc.tg/mva-questions.html>.

Paz, E. y otros (2008), «Modelación de la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por el tráfico vehicular en una vía de Ciudad de La Habana», *Revista EcoSolar N° 23*, enero-marzo, ISSN: 1028-6004.

Preiss, Phillip (2008), Institute of Energy Economics and Rational use of Energy (IER), University of Stuttgart.

Romieu, Isabelle y Víctor Hugo Borja-Aburto (1997), «Particulate air pollution and daily mortality: can results be generalized to Latin American countries?», *Salud Pública de México,* Vol. 39, N° 5, septiembre-octubre.

Turtós, L. y otros (2009), «La modelación como elemento vital en la mitigación de la contaminación atmosférica. Propuesta nacional para la escala local», *IV Congreso de gestión ambiental en la VII Convención internacional sobre medio ambiente y desarrollo sostenible*, La Habana, Cuba, ISBN: 978-959-304-003-7.

_______ E. Meneses, M. S. Gácita, J. Rivero, F. Cuevas (2008), «Una introducción a los modelos integrados de valoración del cambio climático», documento interno del Proyecto *La Economía del Cambio Climático en Centroamérica (Fase I)*, Convenio CEPAL-DFID, La Habana, Cuba, véase: <magic.un.org.mx/mexico/cambio climatico/LeonorTurtos.pdf>.

_______ E. Meneses Ruiz, M. Sánchez Gácita, J. Rivero Oliva, N. Díaz Rivero, «Sistema de Evaluación del Impacto Ambiental de Instalaciones Energéticas», Centro Nacional de Derecho de Autor, Registro: 2-2006, SEIA 1.0.

_______ E. Meneses Ruiz, M. Sánchez Gácita, J. Rivero Oliva, N. Díaz Rivero (2006), «Assessment of the impacts on health due to the emissions of Cuban power plants that use fossil fuel oils with high content of sulfur. Estimation of external costs», Atmospheric environment, doi: 10.1016/j.atmosenv.2006.10.062.

_______ y E. Meneses (1999), «Posibles enfoques a utilizar en el tratamiento de las externalidades de la generación eléctrica», Instituto Superior de Ciencia y Tecnología Nuclear, La Habana, Cuba.

PSU/NCAR (2007), «ARW Version 2, Modeling system user's guide», Mesoscale and Microscale Meteorology Division, National Center for Atmospheric Research.

Scire, J.S., F.R. Robe, M.E. Fernau y R.J. Yamartino (2000), «A User's Guide for the CALPUFF– Dispersion Model», version 5, Concord, MA., Earth Tech. Inc.

Spadaro, J. (1999), «Quantifying the Impacts of Air Pollution», Centre d'Energétique, Paris, Ecole de Mines de Paris.

Tol, R. S. J. (2005), «The marginal damage costs of carbon dioxide emissions: an assessment of the uncertainties», *Energy Policy N° 33 (16)*, pp. 2064-2074.

Trukenmuller, A. y R. Friedrich (1995), «Die Abbildung der groXra¨umigen Verteilung, chemischen Umwandlung und Deposition von Luftschadstoffen mit dem Trajektorienmodell WTM» (*El mapeo de la distribución a gran escala, transformación química y la deposición de contaminantes del aire con el modelo de trayectoria WTM*), en Jahresbericht ALS 1995, Stuttgart, pp. 93-108.

Artículo V.3
Sólo una matriz energética sostenible nos guiará hacia el desarrollo sostenible

Julio Torres Martínez *
CUBASOLAR (La Habana, Cuba)

Resumen ejecutivo

En estos tiempos cuando luchamos por la verdadera integración latinoamericana, el desarrollo sostenible adquiere un significado que va mucho más allá de la definición propuesta en 1987 por la Comisión de Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible, autora del conocido libro «Nuestro futuro común». Sin embargo, mucho menos publicitado ha sido el estudio que realizó años después el Instituto de Análisis Económico de la Universidad de New York bajo contrato de las Naciones Unidas, cuyo resultado se presentó en la Cumbre de la Tierra en 1992 y dio lugar en 1994 a la publicación del libro «El Futuro del Entorno». En él se afirma que es necesario *repensar el desarrollo*, así como que el *mercado libre* no es la única vía para llegar a un desarrollo sostenible.

Hoy existe consenso en cuanto a la imposibilidad material de alcanzar dicha sostenibilidad partiendo de un sistema energético basado en el petróleo y otros combustibles fósiles (más la electricidad de origen nuclear), todos ellos portadores *finitos* que dan lugar a graves riesgos de contaminación del entorno y constituyen los verdaderos causantes del cambio climático inducido por el hombre.

Por todo eso, la condición *sine qua non* para alcanzar un desarrollo sostenible es precisamente lograr **antes una energética sostenible** basada en fuentes derivadas del flujo solar, únicas que podrán seguir utilizándose durante los próximos 4.000 millones de años (duración de la vida promedio estimada para nuestro sol, de acuerdo con los científicos especializados) sin agredir al medio ambiente ni destruir los ecosistemas que garantizan la supervivencia de la especie.

A. Introducción

Desde 1987 en que la Comisión de Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible definió la frase *desarrollo sostenible* en su informe «Nuestro futuro común», publicado ese año para recoger los resultados del trabajo de la así llamada «Comisión Brundtland»[137], dicha definición se convirtió casi automáticamente en el referente mundial para ese concepto, pese a las muchas críticas que ha recibido por su vaguedad y por la ausencia de compromisos que supone.

Con frecuencia se obvia que para alcanzar dicho desarrollo, se hace imprescindible realizar un proceso más o menos prolongado de profundos cambios en la organización socioeconómica, incluyendo los hábitos y estilos de vida, así como también la solución de las más graves crisis que enfrenta la humanidad, entre las que sobresalen el carácter fósil, finito y contaminante del petróleo (cuyo agotamiento físico se acerca aceleradamente), su inminente «pico» productivo y su consiguiente encarecimiento descontrolado; el cambio climático inducido por el hombre (cuyo origen histórico está precisamente en el empleo de los combustibles fósiles y cuyo agravamiento durante la

---

* Contacto: Tel.:: (+53 7) 206 2061/204 0010 ● C.E.: julio.torres@cubasolar.cu, julio.torres@cubaenergia.cu y jtorres.cu@gmail.com

137 En honor a la ex primera ministra de Noruega, Gro Harlem Brundtland, quien la presidió.

segunda mitad del siglo XX fue también consecuencia del consumo acelerado de dichos portadores energéticos), el crecimiento poblacional, la crisis alimentaria y el aumento del hambre, el analfabetismo, las enfermedades, las guerras, etc.

Es necesario concordar ante todo en el carácter específico y concreto del *desarrollo sostenible* para cada país, pueblo y nación, sujeto a sus necesidades, su idiosincrasia, su cultura, sus aspiraciones, sus sueños, etc., así como también a las fuentes de energía más asequibles.

Pero además, como la energía es uno de los catalizadores esenciales del desarrollo socioeconómico, por definición resulta imposible construir un desarrollo sostenible a partir del suministro energético basado en los combustibles fósiles y la electricidad de origen nuclear, debido a que esos portadores no son renovables y algún día desaparecerán por completo.

Por tanto, el carácter finito de los combustibles fósiles y los minerales radiactivos impone de forma ineludible la necesidad de satisfacer la demanda de los servicios energéticos requeridos para respaldar un desarrollo sostenible, con las fuentes renovables derivadas del flujo solar, cuya disponibilidad se mantendrá mientas alumbre el sol, durante varios miles de millones de años más, de acuerdo con los astrónomos.

B. Evolución del pensamiento humano respecto al desarrollo, el ambiente y la energía

Quizás algunos hombres pensaron desde hace mucho tiempo (o tal vez siempre hubo algunos que lo hicieron, por su inteligencia o su altruismo) en la necesidad de prepararse o planificar las acciones que deberían llevarse a cabo para aumentar la disponibilidad de los recursos requeridos para satisfacer la demanda creciente de bienes y servicios por parte de los seres humanos que viven en un lugar determinado del espacio y un intervalo del tiempo, al menos desde el punto de vista del aumento de la población y las necesidades de los nuevos individuos.

Por otra parte, parece lógico suponer que durante los tiempos iniciales de la especie, mientras el número de seres humanos era relativamente reducido, el espacio geográfico y los recursos podían parecer «infinitos», y que no hubiera entonces preocupaciones con el carácter limitado de los recursos materiales para garantizar la vida.

Pudieran señalarse algunos hitos culturales para tratar de reconstruir el camino evolutivo del pensamiento humano sobre esas preocupaciones y en lo que sigue se propone un conjunto ordenado de publicaciones que durante los últimos tres decenios del siglo XX permiten trazar una senda de planteamientos sucesivos capaces de describir dicho camino acerca del desarrollo material de la sociedad, así como también en sus relaciones con el medio ambiente y la obtención de la energía que demanda dicho desarrollo.

C. Cinco hitos del pensamiento humano a fines del siglo XX (tres últimos decenios)

a) Los límites del crecimiento (1972, Primer Informe al Club de Roma)
b) La energía en un mundo finito (1982, IIASA)
c) Nuestro futuro común (1987, Comisión Mundial para el Desarrollo Sostenible/ Naciones Unidas)
d) El futuro del entorno (1994, Oxford University Press)
e) Evaluación mundial de la energía (2000, PNUD-ECOSOC-CME)

1. «Los límites del crecimiento» (1972, Club de Roma)

Esta publicación recogió el primer informe al Club de Roma donde se presentó, quizás por vez primera en la historia contemporánea, una problemática que a partir de ese momento concitaría una y otra vez el pensamiento de los seres humanos: «nada puede ser infinito en un planeta limitado en dimensiones, recursos, etc.».

Por tanto, aunque el capitalismo por su propia naturaleza necesita crecer para subsistir, el crecimiento está limitado porque los recursos también lo están, así que si la dotación del planeta avanza de forma acelerada hacia su agotamiento perspectivo, resulta imposible pensar en un desarrollo creciente de manera infinita basado en dicha dotación.

El informe se centró en estudiar el «lado de la oferta», es decir, en el estudio del carácter limitado de las fuentes y de los recursos de todo tipo, requeridos para enfrentar la producción de los bienes y servicios que demanda la sociedad (más bien la parte «solvente» de las sociedades industrializadas) para el modelo de desarrollo propugnado por el capitalismo de la época, sin tener en cuenta las afectaciones ambientales derivadas de dicho proceso productivo, así como de la apropiación humana de recursos del planeta cuya extracción y procesamiento provoca daños muchas veces irreversibles o al menos difíciles de «reparar» y/o resolver.

Se ha criticado el así llamado «enfoque apocalíptico» del texto, aunque su publicación dio lugar, entre otros conceptos más o menos controvertibles, pero interesantes, al de crecimiento «cero», como una posible solución al problema planteado anteriormente si el crecimiento no fuera cuantitativo, sino dirigido a la mejora cualitativa de las condiciones de vida del hombre, como por ejemplo, dedicar más tiempo a la cultura, al deporte, al aprendizaje, etc.

2. «La energía en un mundo finito» (1982, IIASA)

En 1972 fue creado en Laxemburg, Austria, el Instituto Internacional para el Análisis Aplicado de Sistemas (IIASA, por sus siglas en inglés), que acometió el análisis de un grupo de problemas globales mediante la colaboración de científicos de muchos países; la energía fue el primer problema global estudiado, al que contribuyeron investigadores de países capitalistas y socialistas; concepto de servicio energético y su valor agregado como vía para integrar la energía al desarrollo socioeconómico; estrecho vínculo entre la cultura y la demanda de energía; consumo de fuentes renovables de energía con baja eficiencia, desde el dominio del fuego hasta mediados del siglo XVIII; caracterización y estudio de dos transiciones energéticas históricas regidas por el mercado y apoyadas con fuertes subsidios estatales, que vinculan el comienzo del empleo de los combustibles fósiles (hulla y petróleo respectivamente), con las dos Revoluciones Industriales de los siglos XVIII y XIX.

Los dos volúmenes publicados en 1982 con más de 800 páginas, recogen los resultados de esa investigación en la que participaron más de 130 científicos de muchos países e incluyen la argumentación y propuesta de una tercera transición hacia las fuentes renovables de energía (FRE), como **necesidad histórica y material que permitirá alcanzar un desarrollo sostenible** en un planeta finito, cuya población creció de forma exponencial durante la segunda mitad del siglo XX, al mismo tiempo que las tecnologías energéticas se desarrollaron impetuosamente y elevaron su eficiencia de forma inédita, aunque el consumo de portadores de energía continúa siendo de combustibles fósiles en forma mayoritaria (cercano a 90 % del total de portadores comerciales, cada año a nivel mundial), a pesar de sus efectos contaminantes y su previsible tendencia hacia el agotamiento.

Posiblemente el argumento esencial para proponer una tercera transición energética es que: el sistema energético basado en el petróleo y otros combustibles fósiles, más la electricidad de origen nuclear (todos ellos finitos y agotables), en algún momento posterior *eventualmente* tendrá que ser sustituido por otro basado en las fuentes renovables de energía, **¿por qué no iniciar ese camino desde ahora, aprendiendo a utilizarlas y desarrollando las tecnologías requeridas para su empleo eficiente a partir de este mismo momento, ya que no lo hicimos antes?**

3. «Nuestro futuro común » (1987, Comisión Mundial para el Desarrollo Sostenible, Naciones Unidas)

Estudio del «lado de los sumideros finitos»; definición de desarrollo sostenible con un enfoque «desde el Norte» industrializado; imprecisiones, vaguedad y ausencia total de compromisos y obligaciones incluidos en esa definición, lo que facilitó su rápida adopción por parte de la mayoría de las naciones industrializadas; el mercado como único mecanismo posible para desatar las fuerzas productivas y apoyar al desarrollo.

El mensaje central de este estudio plantea que a partir de una combinación bien balanceada de las tecnologías existentes y de una organización social que respete el entorno, pudiera alcanzarse la sostenibilidad del desarrollo, haciendo hincapié en el hecho de que la atmósfera y los océanos no son capaces de soportar de manera indefinida la acumulación creciente de los desechos productivos que se vierten en ellos de forma irresponsable, sin el tratamiento adecuado para reducir su agresividad ambiental, reciclar lo aprovechable y disminuir la destrucción absurda de los ecosistemas que propician y mantienen la vida en sentido general, porque en la biosfera vivimos todos (plantas, animales y humanos, de manera interrelacionada) y no es posible atentar contra su estabilidad y equilibrio vital sin sufrir graves consecuencias.

4. «El futuro del entorno. Economía ecológica y cambio tecnológico» (1994, Instituto para la Evaluación Económica, UNY)

Publicación en 1994 de los resultados obtenidos a partir de un estudio crítico de Nuestro Futuro Común, contratado por las Naciones Unidas al Instituto para la Evaluación Económica de la Universidad de Nueva York, que dio lugar al Informe «Estrategias para un Desarrollo Económico Ambientalmente Sano», presentado ante el Simposio Internacional que se celebró durante la Cumbre de la Tierra en 1992, en Río de Janeiro, Brasil.

A partir de un modelo mundial capaz de simular el comportamiento de la economía en su desarrollo, se construyó un escenario de referencia sin innovaciones tecnológicas después de 1990, más un llamado escenario «Nuestro Futuro Común (NFC)», en el que se operacionalizaron las definiciones más o menos cualitativas que habían sido incluidas en la obra sometida a crítica y después se formularon otros cuatro escenarios, en los que se enfatizaron sucesivamente diferentes supuestos energéticos para tratar de alcanzar un desarrollo sostenible por distintos caminos, dando lugar a estas alternativas:

a) NFC, más nuclear e hidroeléctrica, con inversiones mucho mayores;
b) NFC, más solar fotovoltaica, con inversiones moderadas;
c) NFC, más modernización tecnológica[138] en China e India, y

[138] Modernización de las tecnologías intensivas en energía.

d) NFC, más la combinación de a) y c).

Las conclusiones fundamentales del estudio son:

- la necesidad de repensar completamente el desarrollo;
- resulta necesario enfatizar dos direcciones hacia el futuro:
    - **profundos cambios tecnológicos y sociales** permitirían alcanzar el desarrollo sostenible mediante:
        - la ruptura con las prácticas actuales**,**
        - logros importantes, sobre todo en nuevos diseños técnicos;
    - nuevas prácticas en la economía del desarrollo, basada sobre todo en la especificidad de las situaciones, más que en los principios generales.

Plantea igualmente que el origen de la contaminación está en la **pobreza** (generalmente asociada con altas tasas de crecimiento poblacional), así como en el **aumento de la extracción de materias primas y de la emisión de desechos**; por tanto, la solución que propone es implantar:

a) Tecnologías modernas, más eficientes y limpias, unida a

b) La reestructuración **consciente** de las actividades económicas.

Las rupturas presentes en estos escenarios y sus conclusiones esenciales invitan a revisar el concepto *establecido* de que *el mercado representa la única vía para movilizar las fuerzas productivas e incentivar el desarrollo* y también indican que *todas* las trayectorias no conducen necesariamente a un desarrollo sostenible.

5. «Evaluación mundial de la energía. La energía y el reto de la sostenibilidad » (2000, PNUD-ECOSOC-CME)

En su Prefacio se afirma, entre otras cosas, que: «*La energía está en el centro de los objetivos económicos, sociales y ambientales interrelacionados para alcanzar el desarrollo humano sostenible; pero si vamos a realizar esta importante meta, tendremos que cambiar los tipos de energía y las formas en que los utilizamos, porque de lo contrario se acelerará el daño ambiental, aumentará la inequidad y se pondrá en riesgo el crecimiento económico global.*

No podemos ignorar simplemente las necesidades energéticas de los dos mil millones de personas que no pueden escapar de los ciclos continuos de pobreza y privaciones. Tampoco se resolverán por sí solos problemas ambientales locales, regionales y globales que dependen de las formas convencionales en que utilizamos la energía.

Igualmente confrontamos otros retos, como los altos precios de la energía en muchos países, la vulnerabilidad ante interrupciones del suministro y la necesidad de aumentar los servicios energéticos para apoyar un mayor desarrollo.

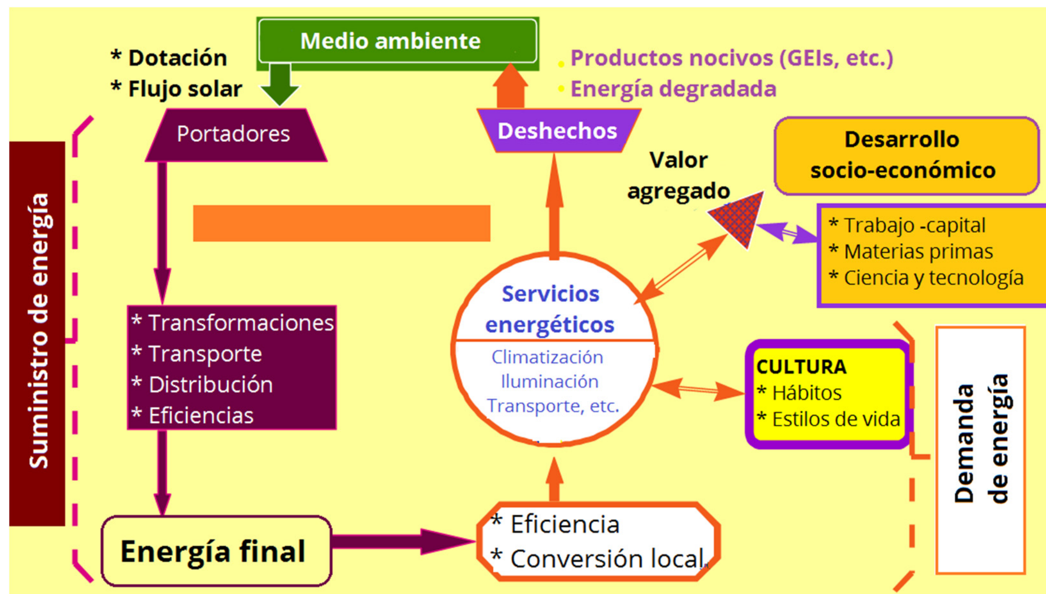
La Evaluación Mundial de la Energía afirma que las soluciones a esos problemas urgentes son posibles y que el futuro depende mucho más de las decisiones que del destino, por lo que si actuamos ahora para implantar políticas adecuadas podemos crear sistemas energéticos que conduzcan a un mundo más equitativo, ambientalmente sano y económicamente viable.

Pero el proceso para cambiar los sistemas energéticos es complejo y dilatado en el tiempo, así que requiere esfuerzos concertados de gobiernos, empresas e integrantes de la sociedad civil, capaces de convertir la energía en una herramienta para el desarrollo sostenible»[139].

Los cinco ejemplos anteriores permiten seguir un derrotero que nos lleva desde el carácter finito de los recursos y en general, de la dotación del planeta, pasando por los daños que ocasiona su empleo (capaces de poner en riesgo la misma supervivencia de la especie humana) hasta las posibilidades comparativamente *ilimitadas* del flujo solar, que llegará a la tierra todavía durante más de 4.000 millones de años y por tanto, puede respaldar un desarrollo *sostenible* en todo ese lapso de tiempo, si aprendemos a satisfacer nuestra demanda de energía a partir de su cuantioso y distribuido potencial (lo que, de hecho, se convierte en una ventaja, porque eso garantiza un acceso más equitativo a la energía, que alcance a todos los países y regiones del planeta, con oportunidades para todos los seres humanos).

Las ideas que constituyen la base conceptual de la figura 1, proceden en su mayoría de la obra «La energía en un mundo finito» (*Energy in a finite world* en inglés), publicada por el Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicado (IIASA, por sus siglas en inglés) en 1981 en dos tomos con más de 800 páginas en total y que resumen los resultados obtenidos por dicha institución durante los seis o siete años anteriores, con la participación de unos 130 científicos de varios países, que trabajaron durante ese tiempo investigando el primer problema global (la energía) que analizó la misma, siguiendo el mandato de su Consejo de Dirección.

Diagrama V.3.1
La esfera y el ciclo de la energía



Fuente: Elaboración propia.

Dichas ideas fueron integradas por el autor del presente artículo desde antes de 1997, en una imagen que trata de representar gráficamente la problemática de la esfera energética incluyendo al entorno (representado en la figura con el nombre de **Medio ambiente**, en un rectángulo verde horizontal al centro de su parte superior), de donde el hombre toma los portadores primarios de

139 Párrafos traducidos del inglés por el autor, a partir de la página iii de la referencia citada.

energía (agrupados en la dotación del planeta y/o que llegan al mismo mediante el flujo solar) y al que devuelve los desechos resultantes de sus transformaciones, con el fin de satisfacer la demanda de los **servicios energéticos** requeridos por el desarrollo socioeconómico, para lo que se han diseñado y continúan diseñándose tecnologías más o menos complejas capaces de realizar tales transformaciones con cierto grado de eficiencia, que no es otra cosa que el costo de oportunidad (en términos de portadores energéticos) en que se incurre al transformar, trasladar y almacenar los portadores (primarios y transformados) para obtener los servicios buscados, en el lugar y el momento oportunos para respaldar dicho desarrollo.

A la izquierda de la figura se representa la cadena tecnológica que permite el suministro de energía final, la que ya está lista para transformarse en un servicio energético mediante los dispositivos de conversión local (por ejemplo, los motores eléctricos y de combustión, las luminarias, los refrigeradores, las cocinas de todas clases, los ventiladores, equipos de aire acondicionado, los electrodomésticos, los teléfonos y otros equipos de comunicaciones, las computadoras y sus periféricos, las calderas y otras instalaciones industriales), cuyo número creciente ha incidido de forma radical en la gestión de la demanda energética porque pequeños ahorros en cada uno de ellos pueden resultar en importantes reducciones del consumo de portadores y resulta la base de le relevancia crucial que ha tomado esta «fuente» representada por el aumento de la eficiencia energética en el «lado de la demanda».

A su derecha se muestra la demanda de energía, también en parte tecnológica, pero con la participación destacada de la cultura, los hábitos y estilos de vida, que deciden los requisitos y la calidad de los servicios energéticos cuya satisfacción determina la búsqueda constante de nuevas fuentes de energía.

D. Diez propuestas energéticas en el primer decenio del siglo XXI

La necesidad creciente de encontrar soluciones a los problemas del desarrollo sostenible puede ejemplificarse en el hecho de que, si bien durante los últimos 30 años del siglo XX pudieron seleccionarse cinco publicaciones internacionales que tratan aspectos cruciales de la evolución del pensamiento humano sobre esos temas, revisando la literatura especializada en temas energéticos del primer decenio del presente siglo XXI, han podido señalarse diez ejemplos de propuestas dirigidas a la sostenibilidad energética, o al menos, a reducir la dependencia de los combustibles fósiles y sustituirlos con mayor eficiencia, más ahorro y fuentes renovables de energía en plazos relativamente cortos (a los que pudiera agregarse, entre otros de no menor importancia, la conocida y publicitada Revisión Económica del Cambio Climático presentada por Sir Nicholas Stern en 2006, a solicitud del G8, cuyas conclusiones también concuerdan con el enfoque general expresado en los documentos aquí referenciados) y costos abordables que se estimaron con mayor o menor precisión en muchos de los casos.

Después de glosar brevemente ciertos aspectos destacados de dichos ejemplos, se tratará de esbozar en forma preliminar las conclusiones que pudieran extraerse de todo el análisis anterior, exponiendo el punto de vista del autor al respecto, para respaldar el título de esta exposición y su enfoque hacia los cambios requeridos que permitirán alcanzar un desarrollo sostenible.

1. ISES, 2003 • Asociación Internacional para la Energía Solar[140]

Este Informe Oficial ofrece una base racional para políticas gubernamentales efectivas con las fuentes renovables de energía en todo el mundo y brinda suficiente información para acelerar dichas políticas. La tesis de este artículo es que se requiere un esfuerzo mundial para transitar hacia una energética sostenible, que debe iniciarse ahora (nota del traductor: se refiere al año 2003) con máxima prioridad en las agendas políticas nacionales e internacionales.

En la historia del empleo humano de la energía, el Informe recuerda que los recursos renovables fueron la única fuente de suministro aún en la etapa del naciente desarrollo industrial bien avanzado el siglo XIX y que el mundo necesariamente habrá de recurrir a ellos de nuevo antes de finalizar el presente siglo. Por lo tanto, el período de los combustibles fósiles no es una *edad*, sino una *era*, muy limitada en el tiempo, cuando lo comparamos con la evolución pasada y futura de las civilizaciones y las sociedades. En consecuencia, resulta crucial que los gobiernos consideren como una transición lo que resta de la era de los combustibles fósiles.

La ventana temporal en la que serán accesibles y convenientes todavía los recursos fósiles para desarrollar las nuevas tecnologías y los dispositivos que se requieren para impulsar y sostener de forma ordenada la última gran transición energética mundial, es muy breve, un espacio económico mucho más reducido que el período de disponibilidad física de los recursos energéticos «convencionales». El Informe argumenta que los atractivos beneficios económicos, ambientales, de la seguridad y de la confiabilidad, obtenidos mediante la introducción acelerada de las fuentes renovables de energía, debieran ser suficientes para promover políticas que «jalen» los cambios necesarios, evitando el «empuje» de las consecuencias —por otra parte, negativas— de la inacción gubernamental y afirma que todavía tenemos tiempo para eso.

También revela que las políticas existentes ahora y la experiencia económica acumulada hasta el momento por muchos países, constituyen estímulo suficiente para que los gobiernos adopten acciones agresivas a largo plazo capaces de acelerar las amplias aplicaciones de las fuentes renovables, que permitirían emprender una senda firme para la transición global hacia dichas fuentes, tal que 20% de la electricidad mundial proceda de ellas en 2020, así como 50% del consumo de fuentes primarias en todo el planeta en 2050. Nadie puede garantizar que ello ocurrirá, pero se brindan argumentos convincentes que muestran su posibilidad, carácter deseable y hasta obligatorio.

Se presentan tres condiciones fundamentales que dirigen la política pública para la transición hacia una energética sostenible:

a) Las nuevas restricciones *ambientales* y una mejor comprensión de sus efectos.
b) La necesidad de reducir los *múltiples riesgos* de los blancos terroristas fáciles y de las rupturas tecnológicas de las que dependen las sociedades.
c) El atractivo de las *oportunidades económicas y ambientales* que se abrirán durante la transición hacia una energética sostenible.

La transición energética sostenible se acelerará a medida que los gobiernos descubran que las políticas y las aplicaciones de las fuentes renovables en la generación y distribución de electricidad son mucho mejores para las economías, que las políticas actuales basadas en recursos limitados y en sistemas centralizados, atrasados y poco confiables. En la actualidad, para avanzar hacia la aplicación

---

140 Este epígrafe está basado en Aitken, Donald (2003); véase la sección de bibliografía consultada que acompaña al presente artículo.

masiva de las tecnologías y las metodologías de las fuentes renovables, más que liderazgo tecnológico o económico en la gestión pública se requiere *liderazgo político*.

Las tecnologías y las economías todas mejorarán con el tiempo, pero en el informe se muestra que las mismas están suficientemente avanzadas en el presente para permitir mayores penetraciones de las fuentes renovables en las infraestructuras sociales y de la energía. Los gobiernos pueden establecer con confianza objetivos concretos a 20 años vista y años posteriores para la penetración de las fuentes renovables en la energía primaria y la generación de electricidad, sin limitaciones de recursos.

2. Novatlantis, 2004 • Pasos hacia una sociedad de 2000 watts por habitante

En 1998, el Buró de los Institutos Federales de Tecnología de Suiza propuso alcanzar en cinco décadas la visión de una «Sociedad de 2000 Watt», cifra que representa una demanda por habitante de energía igual a un tercio de la demanda promedio en 2004 en Europa, por persona.

Aunque esa visión resulta consistente con los planteamientos del Tercer Informe Evaluativo del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), porque se propone disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero hasta una tercera parte de las actuales, una primera duda que debe ser resuelta es la de la factibilidad técnica de esa reducción, además de sus consecuencias económicas y de su aceptabilidad política.

Evitar los impactos económicos y sociales del cambio climático es sólo uno de los retos del empleo más eficiente de los portadores energéticos y los materiales; también debe tenerse en cuenta que durante las próximas décadas tendrá lugar el máximo en la producción de petróleo y que su extracción futura se concentrará de nuevo en el Medio Oriente, donde están situados dos tercios de los recursos petroleros restantes en el planeta.

Por otra parte, aceptar esa reducción en la demanda por habitante de energía primaria y suponer además que el PIB por habitante se duplicará durante los próximos 50 años, significa elevar la eficiencia en el empleo de la energía primaria en 4–5 veces, aún aceptando la presencia de cambios estructurales hacia actividades económicas y hábitos de consumo con menor intensidad energética.

La tarea de analizar las consecuencias fundamentales de tratar de alcanzar y materializar esa visión debe tener en cuenta que se necesitan nuevos desarrollos científico-técnicos referidos a la elevación de la eficiencia con que se emplean la energía y los materiales para llevarla a la práctica. El equipo de investigadores que asumió esa tarea concluyó que, aunque el reto es formidable, puede ser superado mediante una combinación de tecnologías completamente nuevas con medidas empresariales y organizacionales dirigidas a ese objetivo.

Durante el taller y los estudios preliminares llevados a cabo seguidamente, se arribó a cuatro conclusiones de interés que se resumen a continuación:

a) resulta imprescindible reemplazar o modernizar por completo los activos (incluyendo los edificios y las viviendas) y la infraestructura existentes en las países industrializados, al menos una vez durante los cincuenta años del proceso;

b) en consecuencia con lo anterior, las investigaciones energéticas deben incluir el ciclo completo de la energía, sobre todo los dispositivos de conversión final que brindan los servicios energéticos;

c) para reducir la demanda actual de energía en dos tercios, se requiere modificar incluso los hábitos y los estilos de vida de las personas y su comportamiento en la industria, en el hogar, en la calle, etc., y, por último,

d) la transición hacia una sociedad de 2.000 watts exige la participación de un sistema de innovación completamente diferente, del que formarán parte la educación, la política de investigación, los incentivos, etc.

El estudio termina analizando con mayor grado de detalle los diferentes sistemas que harán posible la reducción de la demanda por habitante señalada, en todas las actividades de la sociedad. Para ejemplificar ese análisis, a continuación se incluyen algunos comentarios sobre el transporte y los sistemas electroenergéticos, que pudieran servir para ilustrar los cambios a los que se enfrentará la sociedad:

a) En lo que se refiere a la transportación de cargas y pasajeros, no sólo intervendrán las celdas de combustible y los supercapacitores con nuevos motores eléctricos más eficientes, sino también los frenos recuperadores, los materiales más ligeros y resistentes, el transporte multimodal y las técnicas automáticas para gestionar el tránsito, así como también ferrocarriles más eficientes y veloces, etc.

b) Con respecto a la generación y transmisión de energía eléctrica, además de introducir las fuentes solares intermitentes (viento, luz solar, olas, corrientes marinas, etc.), el esquema tradicional será sustituido por un sistema mucho más complejo pero también más eficiente, a partir de la electrónica de potencia interactuando en muchos puntos de generación con pequeñas potencias muy cerca de los consumidores, en múltiples voltajes y enlazados mediante redes de dos direcciones.

En síntesis, la sociedad de 2000 Watt por habitante es posible, deseable y factible técnicamente, al mismo tiempo que logra proporcionar energía a todos de manera sostenible y sin agredir al entorno; «sólo» es necesario para alcanzarla modernizar las infraestructuras, desarrollar nuevas tecnologías y modificar sustancialmente nuestros hábitos, estilos de vida y nuestro comportamiento diario, para acomodarlos a las necesidades del hombre partiendo de los recursos que posee el planeta y de la conservación del hábitat requerido para mantener viva la especie.

3. Suecia se independizará del petróleo en 2020

En diciembre de 2005 el Gobierno de Suecia designó una Comisión para elaborar un amplio programa dirigido a reducir la dependencia del petróleo; entre las razones que motivaron ese paso están:

a) el precio del petróleo limita el crecimiento y el empleo en Suecia;

b) el petróleo todavía resulta esencial para la paz y la seguridad en todo el mundo;

c) el potencial sueco de materias primas alternativas al petróleo es muy grande, y

d) la combustión masiva de los portadores fósiles amenaza la vida de las generaciones futuras. El cambio climático es un hecho que debe ser enfrentado, ya que se requieren esfuerzos políticos amplios y de largo plazo. Esta consideración está por encima de cualquier otra

Debido a la audacia del objetivo para librarse de la dependencia petrolera para el 2020 y como el asunto abarca toda la sociedad, resultaba esencial que la Comisión tuviera una base amplia. A estos efectos se convocaron expertos de la industria, la agricultura, el sector forestal y el sector de ciencia y tecnología —con expertos especiales en eficiencia energética y calefacción distrital—. De esta forma,

la Comisión se vio obligada a examinar los conflictos de intereses y diferentes aristas de prácticamente todos los aspectos.

Como resultado se obtuvo finalmente un informe consensuado. Ningún miembro de la Comisión hizo prevalecer de manera absoluta sus puntos de vista y planteamientos, sino que todos estuvieron preparados para los compromisos, para ponderar los *pros* y *contras* y aceptar que no se alcanzara del todo su propia posición ideal en cada aspecto particular. Fueron capaces de lograr acuerdos en un máximo común denominador para la tarea que enfrentaron, que consistía en trazar un camino para fortalecer la competitividad sueca y dar un paso sustancial hacia la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Solo en un aspecto no se alcanzó concordancia: el tema de si se necesita protección para el etanol producido en el país y en la Unión Europea, dividió a la Comisión. Por una parte, se sostuvo que Suecia debería ser *proactiva* en la abolición de la tarifa europea que protege su propia producción de etanol. Pero por otra, la mayoría de los miembros de la Comisión apoyaron como necesaria la protección y estimulación de la producción propia de etanol durante su primera etapa.

El informe propone un conjunto de medidas concretas de largo alcance, capaces de eliminar la dependencia del petróleo para el 2020, si se alcanzan los siguientes tres ambiciosos objetivos:

a) uso más eficiente del combustible y nuevos portadores, reduciendo el consumo de petróleo para el transporte automotriz en 40%–50%;
b) eliminación, en principio, del consumo de petróleo para la calefacción residencial y para la de los edificios comerciales, y
c) la reducción del consumo industrial de petróleo en 25%–40%.

El estudio enfatiza que solo cuando todas las fuerzas positivas de la sociedad sueca aspiren a los mismos objetivos, se alcanzará la independencia del petróleo. Existe confianza en que tal espíritu continúe presidiendo las discusiones sobre la independencia sueca del petróleo, porque —se afirma— el próximo paso no será automático, ya que los cambios requeridos no se obtendrán solamente mediante decisiones políticas, ni por las fuerzas del mercado únicamente en la industria, ni por los campesinos y guardabosques individuales que avizoren futuras oportunidades de ganancias.

4. Revolución energética en Cuba, 2006

a) Descripción de la situación creada en el Sistema Electroenergético Nacional (SEN) durante 2004 y 2005

Dos averías casi consecutivas en unidades clave del SEN mantuvieron fuera de servicio, primero, la Unidad No. 2 de la central termoeléctrica (CTE) Lidio R. Pérez, de Felton (250 MW), durante tres meses y medio y luego la CTE Antonio Guiteras (330 MW), durante poco más de seis meses. Esas averías dieron lugar a importantes afectaciones para la economía y la población durante ese tiempo, porque además de su impacto directo, obligaron a posponer los mantenimientos programados de otras unidades del SEN y ello produjo una reducción adicional de su disponibilidad.

b) Concepción y alcance de la Revolución Energética en Cuba

A partir de la identificación de las principales debilidades del SEN, se diseñó un conjunto de líneas estratégicas y se acometió su implantación de inmediato. Las principales medidas adoptadas fueron:

a) la adquisición e instalación de equipos de generación más eficientes y seguros con grupos electrógenos y motores convenientemente ubicados en distintos puntos del país;
b) la intensificación acelerada del programa para incrementar el uso del gas acompañante del petróleo crudo nacional en la generación de electricidad mediante el empleo de turbinas de gas con ciclo combinado;
c) la rehabilitación total de las redes de distribución anticuadas e ineficientes que afectaban el costo y la calidad del fluido eléctrico, y
d) la priorización de los recursos mínimos necesarios para una mejor disponibilidad de las plantas del SEN y su paso a conservación.

A continuación se exponen algunas de las ventajas más importantes de la nueva concepción:

a) el consumo de combustible por cada kiloWatt·hora generado será como promedio 210 gramos de diésel o fuel oil, de acuerdo con el tipo de motor y su objetivo;
b) valores de potencia unitaria cuya capacidad, en caso de avería, no tiene impacto significativo en la disponibilidad del SEN;
c) distribución geográfica adecuada para contribuir a proteger el servicio eléctrico de la población, así como los objetivos económicos y sociales ante huracanes y averías que pudieran producirse;
d) disponibilidad superior a 90%, por encima del 60% de las CTE en nuestro sistema actual;
e) el gas acompañante utilizado para generar electricidad alcanza durante los últimos años un valor equivalente a más de un millón de toneladas de petróleo; ya existen 235 MW instalados de la tecnología que permite hacerlo y próximamente se instalarán nuevos bloques hasta llegar a cerca de 500 MW con esa fuente limpia y barata de energía;
f) al mismo tiempo, se investiga el potencial eólico de diversas zonas del país (entre ellas, extremo occidental de Pinar del Río, Isla de la Juventud, costa norte de las provincias desde Holguín hasta Villa Clara y el noreste de la región oriental de Cuba) y se realizan mediciones de la velocidad del viento a 50 metros de altura en lugares seleccionados de esas macrolocalizaciones, con lo que se dan pasos para conocer las potencialidades de la electricidad eólica en todo el país.

Después de 2007 se instrumentalizó la «revolución energética», formalizando su atención mediante más de 15 Grupos de Expertos que estudian las distintas fuentes renovables más abundantes en Cuba y dan seguimiento a las medidas que se trazan para su aprovechamiento, así como se ocupan de mantener en funcionamiento las instalaciones existentes, su vínculo con las comunidades que se benefician con ellas y muchos otros aspectos relacionados con su desarrollo, incluyendo la capacitación y formación de los técnicos requeridos para su instalación, mantenimiento, reparación, modernización, etc.

La Televisión Nacional brinda periódicamente cursos formales e informales, documentales, clases para los alumnos de Secundaria Básica y Preuniversitario, así como también para la población en general (por ejemplo, Universidad para Todos, que ha ofrecido ya tres o cuatro cursos de varios meses de duración cada uno de ellos, con temas relacionados con las fuentes de energía en general y las transiciones energéticas, el Cambio Climático y las emisiones de GEIs, las tecnologías energéticas del siglo XXI, los combustibles fósiles, la biomasa cañera, la energía eólica, las pequeñas —así como las mini y micro— centrales hidroeléctricas, etc.) y la prensa plana publica también reportajes y noticias relacionadas con esos temas, con el objetivo de divulgar informaciones sobre ellos.

5. Informe oficial del Reino Unido sobre energía, 2007

El informe de referencia, titulado *Meeting the Energy* Challenge. A *White Paper on Energy*, reconoce que, en la esfera de la energía, factor esencial para casi todos los aspectos de nuestras vidas, así como para el éxito de la economía, se enfrentan dos retos de largo plazo:

a) resolver el cambio climático, reduciendo las emisiones de CO_2, tanto en el Reino Unido, como en el resto del mundo, y

b) asegurar una energía limpia, segura y asequible, a medida que aumenta la dependencia del combustible importado;

Se señala al mismo tiempo que el contexto en que deben resolverse estos retos está evolucionando y se caracteriza en particular por:

a) la evidencia creciente del cambio climático y un mayor reconocimiento internacional de que se requiere un esfuerzo global concertado para reducir las emisiones de GEI, especialmente el CO_2;

b) los precios crecientes de los combustibles fósiles y una liberalización más lenta de los mercados energéticos en la UE, cuando el Reino Unido depende cada vez más de energía importada;

c) una mayor conciencia de los riesgos derivados de la concentración de las reservas mundiales remanentes de petróleo y gas en menor número de lugares en todo el mundo, a saber el Medio Oriente y el Norte de África, así como Rusia y el Asia Central, y

d) las grandes sumas de inversiones realizadas en el Reino Unido por las compañías de gas en materia de termoeléctricas, redes e infraestructura del gas.

Este Informe Oficial establece la estrategia energética doméstica e internacional del Gobierno del Reino Unido para responder a esas cambiantes circunstancias, atender los retos energéticos de largo plazo que se enfrentan y respaldar las cuatro metas de política energética del Reino Unido[141].

Obtener seguridad energética y acelerar la transición hacia una economía de bajo carbono requiere acciones urgentes y ambiciosas, en el hogar y fuera de él. Para ello, es necesario:

a) fomentar el ahorro de energía;

b) desarrollar energías más limpias, y

c) asegurar suministros energéticos confiables con precios establecidos en mercados competitivos.

La estrategia está basada en el principio de que los mercados regulados de manera independiente —o sea, los mercados energéticos competitivos—, constituyen la forma más eficiente y efectiva en cuanto a costos para alcanzar los objetivos propuestos.

---

[141] Que son, según el *Department of Trade and Industry* (DTI) (2007). Véase la bibliografía consultada, al final del presente artículo:

- disminuir las emisiones de CO_2, el mayor contribuyente al calentamiento global, en cerca de 60% para 2050, con progresos reales para 2020;
- mantener la confiabilidad del suministro energético;
- promover mercados competitivos en el Reino Unido y el extranjero, contribuyendo a elevar la tasa de crecimiento económico sostenible y mejorar la productividad, y
- asegurar que cada hogar disponga de calefacción adecuada de manera asequible.

El informe *Meeting the Energy Challenge* identificó un número de áreas donde los marcos de referencia políticos y reguladores que gobiernan los mercados energéticos, deben ser reforzados. Los elementos clave de la estrategia son:

a) establecer un marco internacional de referencia para resolver el cambio climático;
b) establecer metas legalmente vinculantes para el carbono en toda la economía del Reino Unido, que reduzcan progresivamente las emisiones;
c) progresar más en la obtención de mercados internacionales completamente transparentes y competitivos;
d) promover mayor ahorro de energía mediante mayor información, incentivos y regulación;
e) proporcionar mayor apoyo a las tecnologías con bajo carbono, y
f) asegurar condiciones adecuadas para la inversión.

Muchos de esos elementos poseen una importante dimensión internacional. En este artículo se presentan unidos por primera vez en una estrategia energética internacional integrada que describe las acciones en marcha para ayudar a suministrar energía segura y combatir el cambio climático.

6. Revolución Energética • Consejo Europeo de Fuentes Renovables de Energía-GREENPEACE Internacional[142] - 2007

El escenario Revolución Energética muestra un resultado inesperado y muy interesante, ya que los crecimientos en el consumo de fuentes primarias de energía a partir de 2010 tendrían lugar solo «a cuenta» de la elevación de la eficiencia energética, en tanto que las fuentes renovables de energía sustituyen parcialmente los combustibles fósiles y llegan a reducir su participación en el consumo mundial de fuentes primarias de energía en casi 50%, en términos absolutos, hasta 2050, en comparación con 2003.

Con esto, las fuentes renovables más la eficiencia alcanzan hacia el final del período estudiado una participación cercana a *dos tercios* del consumo total de las ya mencionadas fuentes primarias en todo el mundo.

El cambio climático global, causado por la acumulación acelerada de los gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera terrestre, ya está destruyendo ecosistemas y matando a unas 150.000 personas adicionales por año:

a) existe un potencial enorme para reducir el consumo de fuentes de energía, manteniendo el mismo nivel de *servicios energéticos,* con medidas para elevar la eficiencia energética, que pueden reducir sustancialmente la demanda en la industria, los hogares, los negocios y los servicios;
b) un calentamiento global promedio de 2°C amenaza a millones de personas con hambre, malaria, inundaciones y escaseces de agua; si la temperatura va a mantenerse dentro de límites aceptables, se requiere reducir las emisiones de GEI y la principal es el dióxido de carbono (CO_2) liberado al quemar los combustibles fósiles que mueven el transporte y generan electricidad;
c) los días del «petróleo y gas baratos» se han ido, y el uranio para generar electricidad nuclear también es un recurso finito. Sin embargo, las fuentes renovables de energía

---

142 Este epígrafe está basado en *European Renewable Energy Council* y *Greenpeace International* (2007).

tecnológicamente accesibles en todo el planeta bastan para generar por siempre *cerca de seis veces más* electricidad que la consumida hoy en el mundo entero;

d) existe un grupo de tecnologías para las fuentes renovables de energía que ofrecen opciones cada vez más atractivas: entre ellas sobresalen el viento, la biomasa, la electricidad fotovoltaica, la térmica solar, la geotérmica, la oceánica y la hidroelectricidad. Su ventaja común es que no emiten (o emiten muy pocos) GEI, así como que todas constituyen fuerzas naturales virtualmente inagotables y algunas de esas tecnologías ya son competitivas. Sus economías mejorarán aún más a medida que se desarrollen técnicamente, con el aumento de los precios de los combustibles fósiles y con el valor monetario que se asigne a las emisiones de dióxido de carbono.

El imperativo del cambio climático no exige menos que una revolución energética. El centro de esa revolución será un cambio de la forma en que las fuentes de energía se producen, se distribuyen y se consume[143].

Los cinco principios clave «detrás» de ese cambio, serán:

a) implementar soluciones renovables, especialmente a través de sistemas energéticos descentralizados;
b) respetar los límites naturales del entorno;
c) eliminar las fuentes de energía sucias no renovables;
d) crear mayor equidad en el empleo de los recursos; y
e) desacoplar el crecimiento económico del consumo de combustibles fósiles.

Los sistemas energéticos descentralizados, capaces de producir calor y electricidad cerca del lugar donde serán utilizados, evitan el desperdicio actual de energía durante su conversión y distribución. Tales sistemas resultarán esenciales para la [R]evolución Energética, como lo será también la necesidad de suministrar electricidad a los 2.000 millones de personas en todo el mundo, a las que se niega su acceso actualmente.

En este Informe se describen dos escenarios hasta 2050. El escenario de referencia está basado en la proyección inercial de la Agencia Internacional de Energía (IEA), en su Pronóstico Mundial de la Energía 2004, extrapolado a partir de 2030. Si se compara el nuevo Pronóstico Mundial de la Energía 2006 (WEO2006) con las proyecciones 2004 de la IEA, en el primero se asume una tasa de crecimiento del PIB mundial ligeramente superior de 3,4 %, en lugar de 3,2 % para el período 2004-2030.

El escenario Revolución Energética posee una meta de 50% para reducir las emisiones mundiales por debajo del nivel de 1990, en 2050, con un por habitante en las emisiones de dióxido de carbono menor que 1,3 toneladas anuales, a fin de mantener el aumento de la temperatura global por debajo de +2°C.

Un segundo objetivo es demostrar que eso es posible, aún eliminando globalmente la energía nuclear. Para alcanzar esas metas, el escenario se caracteriza por esfuerzos significativos a fin de explotar cabalmente el enorme potencial de la eficiencia energética. Al mismo tiempo, las fuentes renovables de energía que son efectivas en cuanto a costos se emplean por igual para producir calor y generar electricidad, así como para producir agrocombustibles.

Ahora, las fuentes renovables satisfacen 13% de la demanda mundial de energía primaria; la biomasa, empleada sobre todo para calentar, es la fuente renovable más usada. Alrededor de 80% del

---

143 Las *cursivas* son del autor del presente informe.

suministro de energía primaria procede aún de los combustibles fósiles y el 7% restante, proviene de la electricidad nuclear. La participación de las fuentes renovables en la generación de electricidad es 18%, mientras que su contribución a la producción de calor está cercana a 26%. El escenario Revolución Energética describe una trayectoria de desarrollo que transforma la situación actual en una oferta sostenible de energía.

7. Iluminando el camino • Consejo InterAcademias (IAC, por sus siglas en inglés) 2007

Como reconoció en 1997 el Protocolo de Kioto, señala el Prólogo del Informe, alcanzar un futuro energético sostenible representa un reto urgente para el siglo XXI. Los patrones actuales para el empleo de los recursos y de la energía, no responden a las necesidades del bienestar a largo plazo de la humanidad.

Continúa afirmando que «… ya está en riesgo la integridad de los sistemas naturales esenciales frente al cambio climático ocasionado por el aumento en las emisiones atmosféricas de los gases de efecto invernadero (GEI). Los servicios energéticos básicos son inaccesibles para un tercio de la población mundial y se necesitará más energía para un desarrollo mundial equitativo y sostenible.

Los riesgos para la seguridad energética global y nacional se han exacerbado por la escalada de los costos de la energía, unida a la competencia por los recursos energéticos desigualmente distribuidos. Esos problemas globales requieren soluciones también globales».

Debemos llamar la atención sobre dos de los más importantes mensajes del informe, producido por un panel de ingenieros y científicos convocado por el IAC a solicitud de los gobiernos de China y el Brasil, contando con el decidido apoyo del sistema de Naciones Unidas:

a) alcanzar un futuro energético sostenible exigirá un esfuerzo intensivo en la creación de capacidades, así como en la participación de un amplio espectro de instituciones y factores. El Informe enfatiza en que «para el éxito de las tareas que se requiere enfrentar, resultan críticas las habilidades de las personas y las instituciones para efectuar cambios en los recursos y el empleo de la energía. La creación de capacidades en expertos individuales y en la efectividad institucional debe convertirse en una prioridad urgente para todos los actores principales —organizaciones multinacionales, gobiernos, corporaciones, instituciones educacionales, organizaciones no lucrativas y medios de comunicación masiva—. Por encima de todo, el público en general debe ser provisto de información veraz y fundamentada sobre las opciones a su alcance y las acciones requeridas para obtener un futuro energético sostenible»; y

b) aunque alcanzar un futuro energético sostenible requiere enfoques a largo plazo, dado el pronóstico del cambio climático global, el Panel de Estudio promueve que lo siguiente se lleve a cabo de manera expedita y simultánea: i) deben realizarse esfuerzos concertados para elevar la eficiencia energética y reducir la intensidad en carbono de la economía mundial, mediante la introducción en todo el mundo de señales de precios para las emisiones de carbono, teniendo en cuenta los distintos sistemas económicos y energéticos de los países individuales, y ii) deben desarrollarse y desplegarse tecnologías para capturar y secuestrar el carbono de los combustibles fósiles, en particular del carbón mineral. El desarrollo y despliegue de las tecnologías para las fuentes renovables de energía debiera acelerarse en forma responsable con el entorno.

También resulta apremiante, como imperativo moral, social y económico, abastecer de servicios energéticos modernos, eficientes, ambientalmente inocuos y sostenibles, a los habitantes más pobres del planeta —que residen sobre todo en los países subdesarrollados—.

8. Documento de la Agencia Internacional de Energía (AIE) para la CMNUCC, 2009

Junta de gobernadores de la AIE a nivel ministerial París, 15 de octubre de 2009. Mensaje por Yvo de Boer, Secretario Ejecutivo de la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC).

La acción mundial para evitar los peores impactos del cambio climático, no solamente es inevitable, sino también representa la oportunidad óptima para establecer la economía humana en una trayectoria sostenible, lejos de las distorsiones del pasado.

Los ministerios de energía están al centro del proceso decisor que nos conducirá a ese futuro. En ese contexto, me complace extraordinariamente dar la bienvenida a la temprana presentación del Resumen Preliminar Especial de la Agencia (AIE) del nuevo Pronóstico Energético Mundial 2009 (WEO, 2009), que se publicará completo el mes próximo.

Agradezco mucho que la AIE hiciera disponible esta publicación anticipada. Esta edición oportuna asegura que las últimas interioridades de la esfera energética puedan todavía brindar aportes sustantivos a las discusiones durante el último tramo de las negociaciones que preceden a Copenhague. También alimenta el pensamiento y ofrece un espectro de sugerencias que pueden ayudar a los ministros de energía de todas las naciones para definir y articular urgentemente los elementos clave que ellos desean ver en un acuerdo alcanzado en esa ciudad, que nos conducirá a ese futuro.

Por supuesto, una parte sustancial de la respuesta al cambio climático debe venir de la esfera energética, que responde por 85% de las emisiones mundiales de CO_2 y por 64% de las emisiones mundiales de GEIs[144].

WEO 2009 presenta el análisis más actualizado y abarcador de cómo la esfera de la energía puede contribuir a un acuerdo sobre el cambio climático en Copenhague y también es el primer estudio que incluye el impacto de la crisis económica y financiera sobre esta esfera y sus emisiones. Cuatro mensajes claros y contundentes emergen del informe.

Primero, continuar con las actuales políticas energéticas traería catastróficas consecuencias para el clima. El informe muestra que la actividad inercial nos llevaría a una concentración atmosférica de GEIs superior a 1.000 ppm de CO_2 equivalente, lo que, de acuerdo con el Cuarto Informe Evaluativo del IPCC, resultaría en un incremento de las temperaturas promedio mundiales entre cinco y seis grados Celsius. Por supuesto que el mundo necesita moverse urgentemente hacia una trayectoria diferente para evitar un daño irreparable.

Segundo, la crisis financiera y económica ha creado una ventana única de oportunidades para la transición del sistema energético mundial hacia la trayectoria 450 ppm. Las emisiones con líneas base inferiores han puesto al alcance la trayectoria 450 ppm y han posibilitado que los países industrializados establezcan metas más ambiciosas a mediano plazo.

---

144 Gases de efecto invernadero.

Tercero, demorarse solo incrementaría los costos. De hecho, el informe muestra que cada año de retraso añadiría 500.000 millones de dólares al costo de alcanzar el escenario de referencia 450 ppm del informe. Ello es parcialmente consecuencia de los efectos de las tecnologías existentes. Las centrales eléctricas que se construyen hoy determinan las emisiones de CO_2 durante una generación y ello indica que resulta del máximo interés asegurarse que se hagan ahora inversiones con bajas emisiones. Y cuando las inversiones crezcan de nuevo, resulta de importancia excepcional que sean dirigidas en el sentido de las bajas emisiones.

Sin embargo, es mucho más importante enfatizar que una demora de solo algunos años colocaría al escenario 450 completamente fuera del alcance y ello nos lleva a una perspectiva mucho más relevante si el mundo desea alcanzar la estabilización en el nivel de 350 ppm, como algunos claman.

Finalmente, y para mí éste es un detalle crítico, el informe ilustra que el costo por cambiar el rumbo no es solamente razonable, sino que la eficiencia energética y otros ahorros compensarían ampliamente la inversión total requerida. El informe muestra que alcanzar el escenario 450 exige inversiones adicionales, pero que sus costos no son exagerados y los beneficios numerosos. Los ahorros consiguientes que el informe identifica en otras áreas, tales como el control de la contaminación y el cuidado de la salud, hacen que la acción urgente para la energía limpia sea una solución «sin quejas» por derecho propio.

WEO 2009 hace también claras recomendaciones sobre qué se necesita hacer para alcanzar la trayectoria 450 ppm, e ilustra la escala de las reducciones relacionadas con la energía que resultan consistentes con dicha trayectoria y las medidas para obtener esas reducciones; las tecnologías necesarias; las políticas para introducir esas medidas; las inversiones específicas requeridas y también las vías para obtener recursos financieros para realizar acciones en los países subdesarrollados.

En resumen, este informe muestra que la crisis económica nos ofrece una oportunidad histórica para llevar adelante el máximo de las emisiones mundiales; ilustra que es posible transitar hacia la trayectoria 450 ppm y que ello es costeable. Muestra que necesitamos poner en práctica ahora las políticas reguladoras y los incentivos financieros adecuados y enseña que será imposible llegar allá a tiempo sin lograr un acuerdo climático mundial justo, efectivo y detallado.

Los planes energéticos gubernamentales en todo el mundo tienen ante sí uno de los mayores retos para resolver el cambio climático. Este informe demuestra que dicho reto es también una oportunidad para transformar las expectativas públicas y políticas en el avance de la política energética.

Ilustra que alcanzar un escenario sostenible para evitar lo peor del cambio climático es costeable, preferible y que puede hacerse. Remplaza una expectativa futura de energía con alto costo, con suministro inestable e inseguridad de los recursos, por una de costos estables, suministro balanceado y seguridad en los recursos. Es una oportunidad que el mundo no puede desaprovechar.

9. Plan B: 4.0 ● Movilizarse para salvar la civilización
Instituto para las Políticas de la Tierra, 2009

Lester R. Brown, PB 4.0, Prefacio. En su libro *El Colapso de las Civilizaciones Complejas*, Joseph Tainter observa que las civilizaciones se hacen progresivamente más complejas a medida que evolucionan, hasta que eventualmente no son capaces de gestionar esa complejidad. Recordé eso mientras observaba la batalla en el Congreso con la ley climática, desmenuzando sus metas mientras este libro estaba imprimiéndose. Las instituciones internacionales también están batallando con la complejidad.

Algunos de los avances más impresionantes para estabilizar el clima, tales como el poderoso movimiento de masas norteamericanas que condujo a la moratoria *de facto* sobre las nuevas plantas termoeléctricas de carbón, tuvo poco que ver con negociaciones internacionales. En momento alguno los líderes de ese movimiento dijeron que deseaban prohibir las nuevas termoeléctricas de carbón, solo si Europa lo hacía, o si China lo hacía, o si el resto del mundo lo aprobaba. Ellos avanzaron unilateralmente, sabiendo que si los EE.UU. no reducen rápidamente las emisiones de carbono, el mundo estará en problemas.

Estamos en una carrera entre puntos de no-retorno políticos y naturales. ¿Podremos cortar las emisiones de carbono suficientemente rápido para salvar la capa de hielo en Groenlandia y evitar el incremento resultante en el nivel del mar? ¿Podremos cerrar suficientemente rápido las termoeléctricas de carbón para salvar los glaciares en el Himalaya y la meseta tibetana, cuyos hielos derretidos alimentan los mayores ríos y sistemas de regadío en Asia durante la estación seca? ¿Podremos estabilizar la población reduciendo la fertilidad, antes de que la naturaleza tome el control y estabilice nuestros números elevando la mortalidad?

En el frente climático, todo parece estar moviéndose más rápido. Hace solo pocos años, el hielo marino en el Océano Ártico estaba reduciéndose, aunque se pensaba que duraría varias décadas. Los informes más recientes ahora indican que pudiera desaparecer en cuestión de años. Pocos años transcurrieron desde el informe más reciente del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), pero ya aumentaron las emisiones de carbono, se elevó la temperatura y creció el nivel del mar, con mayor rapidez que en el peor escenario del IPCC.

La buena nueva es que el paso hacia las fuentes renovables de energía se está llevando a cabo con una tasa y en usa escala que no hubiéramos podido imaginar hace solo dos años. Por ejemplo, China, con su programa base de energía eólica, trabaja en seis mega-complejos de fincas eólicas, con una capacidad total de generación de 105.000 megawatts y eso, en adición a las muchas pequeñas fincas eólicas ya existentes o en construcción.

La pregunta a que nos enfrentamos no es lo que necesitamos hacer, porque eso parece estar bastante claro para los que analizan la situación mundial. El reto es cómo hacerlo en el tiempo disponible y desafortunadamente no sabemos cuánto tiempo nos queda. Permítanme parafrasear un comentario del ambientalista Paul Hawken que, durante un discurso universitario inaugural en 2009, al reconocer la inmensidad del reto a que nos enfrentamos, dijo: Primero decidimos lo que resulta necesario hacer y lo hacemos; después, nos preguntaremos si es posible.

10. Australia Cero Carbono 2020 • Universidad de Melbourne, junio de 2010

Instituto de Investigaciones Energéticas; Plan Energético Estacionario Australia Cero Carbono; Sinopsis:

a) una guía de diez años para 100% de fuentes renovables de energía (FRE);
b) electricidad base con fuentes renovables mediante un sistema electroenergético basado en:
   i) 23 fincas eólicas (40%), 50 TWe, 130 TW·h/año,
   ii) 12 CTE solares de concentración, con sales fundidas (60%), 42,5 TWe, 195 TW·h/año,
c) asequible por $8 semanales por vivienda.

El Plan Energético Estacionario Australia Cero Carbono 2020 diseña un detallado escenario para transformar las fuentes energéticas australianas en un suministro 100% renovable. Ello se alcanza empleando tecnología comercial actual, sin barreras técnicas para su difusión. La implantación de la infraestructura propuesta durante los próximos diez años resulta accesible para la capacidad industrial existente hoy en Australia, mientras la inversión requerida es equivalente a estimular la economía con 3% del PIB.

Resulta posible y necesario alcanzar en diez años 100% con fuentes renovables para respaldar la seguridad energética australiana y la prosperidad económica del futuro. Australia posee varios de los mejores recursos energéticos renovables del mundo y debiera posicionarse como un líder en la economía energética renovable emergente. Para que ello ocurra, se requiere el liderazgo de los políticos y la sociedad con decisiones firmes y rápidas, que impulsen esa transición.

E. Conclusiones

Recapitulando sobre el contenido de este artículo, se han tratado sucesivamente dos temas que presentaron otros tantos conjuntos de aproximaciones o visiones de la relación entre desarrollo, energía y medio ambiente, desde las tres últimas décadas del siglo XX hasta el momento actual (es decir, durante los pasados cuarenta años o más), donde el primero de esos conjuntos está integrado por libros y documentos de tipo más bien filosófico, conceptual, de modelación y/o estudio de políticas, mientras el segundo grupo posee un carácter más práctico y concreto que incluye la propuesta de soluciones que pueden (y deben) aplicarse ya para resolver cuestiones vitales que no admiten dilación aunque, por la naturaleza de la problemática analizada y los plazos involucrados, no están exentos de enfoques filosóficos y conceptuales que atañen nada menos que a la supervivencia de la especie.

Resulta notable que, de los diez documentos referenciados en el segundo grupo, solo cuatro (40%) tratan cuestiones aprobadas por los respectivos Gobiernos de los países involucrados —los números 3) Suecia, 4) Cuba, 5) Reino Unido y 8) AIE—, mientras los restantes constituyen estudios o propuestas de Universidades o instituciones de orígenes diversos, que no cuentan con el auspicio explícito de sus Gobiernos respectivos.

El autor confía en que la secuencia ilustrada mediante esos documentos y los aspectos subrayados en ellos, que se repiten con frecuencia pese a pertenecer a momentos distintos y tener orígenes diferentes, muestra de manera inequívoca el vínculo indisoluble entre energía y medio ambiente, así como la necesidad impostergable de revisar los conceptos tradicionales del desarrollo visto como la apropiación que el hombre hace de los recursos del planeta para vivir «separado» de lo que lo rodea y que, al constatar los daños causados a su entorno y las amenazas a su supervivencia,

se lanza a buscar otros sistemas solares con nuevos planetas que destruir, en lugar de ponerse a reparar los daños que ha ocasionado a la Tierra (su única nave espacial) y modificar sus hábitos y estilos de vida para construir de forma consciente un desarrollo sostenible, lo que seguro es más rápido y barato que «mudarse» a otro planeta.

Considero también que se han ofrecido argumentos sólidos y convincentes sobre las ventajas, la necesidad y la factibilidad técnico-económica de basar ese desarrollo sostenible[145] en una Energética Solar Sostenible, capaz de satisfacer la demanda de servicios energéticos de toda la humanidad durante varios miles de millones de años a partir del flujo solar que seguirá llegando al planeta por ese tiempo, de acuerdo con los expertos en el tema.

Es cierto que existen «barreras» que se oponen o dificultan la transición hacia las fuentes renovables de energía, pero las más difíciles de vencer son las que proceden de nuestros hábitos y estilos de vida, así como de nuestras actitudes mentales, nuestra desconfianza ante lo «nuevo» o lo «desconocido» y, por último, las de los intereses de unos pocos que pretenden continuar manipulando los de toda la especie en su propio y mezquino provecho.

Por eso resulta tan importante concentrar la atención en la voluntad política del cambio y en la construcción consciente del futuro que se desea y necesita para preservar la especie, las conquistas de la civilización, los logros científicos y tecnológicos que alcanzó la humanidad a lo largo de miles de años de incesante bregar en forma denodada para adaptarse al entorno y sobrevivir ante peligrosas contingencias, las cuales a menudo creamos los mismos seres humanos.

En esos cambios resulta necesario incluir a toda la humanidad[146] para garantizar su alimentación, su salud, su vivienda, su educación, su libertad, su derecho al trabajo, a la paz y a la satisfacción de su demanda de servicios energéticos con fuentes renovables, que no destruyan el hábitat de la especie y respeten al entorno.

---

145 Que se definirá, repito, de acuerdo con las necesidades y características de cada pueblo y país, con arreglo a sus tradiciones y a las fuentes renovables existentes y asequibles de energía en cada uno, más los profundos cambios sociales requeridos.

146 «Patria es humanidad», como afirmara José Martí, considerado el apóstol de la independencia cubana.

F. Bibliografía

AIE (Agencia Internacional de Energía) (2008), *Perspectivas sobre tecnologías energéticas 2008* (en apoyo al Plan de Acción del G-8), Resumen ejecutivo.

Aitken, Donald (2003), *Transitioning to a Renewable Energy Future*, white paper; escrito bajo contrato con la International Society for Solar Energy, <whitepaper.ises.org>, p. 59.

British Petroleum (2008), *BP Statistical Review of World Energy June 2008*, 45 p.

Brown, Lester R. (2009), *Plan B 4.0: Mobilizing to Save Civilization*, Earth Policy Institute <www.earth-policy.org/Books/PB4>.

Brown, Lester R. (2008a), «Why Ethanol Production Will Drive World Food Prices Even Higher in 2008», Earth Policy Institute.

Castro, Fidel (2008), «Lula» (cuarta y última parte), *Granma*, 1 de febrero, p.1-3.

Commission on Oil Independence (2006), *Making Sweden an Oil-Free Society.*

DTI (Department of Trade and Industry) (2007), *Meeting the Energy Challenge, A White Paper on Energy, May 2007*, presented to the Parliament by the Secretary of State for Trade and Industry, by Command of Her Majesty, May, 343 p.

Duchin, Faye y Lange, Glenn-Marie con Thonstad, Knut & Idenburg, Annemarth (1994), *The Future of the Environment: Ecological Economics & Technological Change*, Nueva York, Oxford University, 222 p.

Energy Information Administration (2007), «*Impacts of a 15-Percent Renewable Portfolio Standard*», SR/OIAF&2007-3, Office of Integrated Analysis and Forecasting, June.

European Commission/DG Energy and Transport (2006), *Fuelling the future*, Green Paper for the European Strategy for Sustainable Competitive Energy, 6 p.

European Renewable Energy Council y Greenpeace International (2007), *Energy [R]evolution, A Sustainable World Energy Outlook*, 96 p. <www.greenpeace.org, www.erec.org>.

European Commission (2007), *European Strategic Energy Technology Plan* (SET-Plan), <set_plan_presentation_24052007.pdf>, 14 p.

Future Trends Forum (2006), *Energía: el desafío de la demanda*, Fundación para la Innovación Bakinter, <www.ftforum.org>, 166 p.

International Energy Agency (2009), *World Energy Outlook* <www.worldenergyoutlook.org>.

InterAcademy Council (2007), *Lighting the Way: toward a sustainable energy future*, Copyright InterAcademy Council, 174 p.

IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis) (1982), *Energy in a Finite World, A Global Systems Analysis*, Ballinger Publishing Company, Cambridge, Massachusetts, 835 p.

Lovin, Amory (2005), «How to live without oil», *Newsweek*, 8 August, pp. 46-47.

Meadows, Donella, D. L. Meadows, J. Randers y W. W. Behrens (1972), *The limits to growth*, «A Report to the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind», A Signet Book from New American Library, Nueva York, 207 p.

Novatlantis ETD (2004), *Steps for a 2000 watt per capita society*, 63 p.

Santamarta, José (2004), «La sociedad de consumo», <worldwatch@nodo50.org>, <www.nodo50.org/worldwatch>, artículo para la revista «Profesiones«» que edita la Unión Profesional, recibido el 23 de marzo.

Stern, Nicholas (2006), *Stern Review: the Economics of Climate Change*, documentos en formato Adobe Acrobat Reader (pdf), en el sitio <www.sternreview.org.uk>, 615 p.

Theil, Stefan (2005), «The Next Petroleum», *Newsweek*, 8 August, p. 40-45.

UNDP-UNDESA-WEC (2000), *World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability*, UNDP, Bureau for Development Policy, 508 p.

World Commission on Environment and Development (1988), *Our common future*, Oxford, Oxford University Press, 383 p.

Artículo V.4
Sostenibilidad de la trayectoria tecnológica de los mercados eléctricos en países pequeños: la experiencia de Centroamérica

Leiner Vargas Alfaro *
Centro Internacional en Política Económica (CINPE)
Universidad Nacional, campus Benjamín Nuñez (Heredia, Costa Rica)

Resumen

De cara a los retos que enfrenta el sector eléctrico en la región centroamericana, la regulación eficiente de los mercados eléctricos, incorporando mecanismos que favorezcan la «*trayectoria tecnológica verde*» y la «*diversificación del riesgo*» —de cara a la volatilidad de los precios de hidrocarburos en el mercado mundial— es vital para la sostenibilidad de las estrategias de crecimiento económico, al mismo tiempo que se sostiene la protección del patrimonio ambiental de la región. El presente ensayó intentará responder, -a partir de *un análisis de los esquemas regulatorios del sector eléctrico existentes en la región*- cuales son las implicaciones que sobre la trayectoria tecnológica e institucional tienen las actuales estructuras y arquitecturas del mercado eléctrico.

Lo que propone el ensayo realizar es una valoración de las formas institucionales del mercado eléctrico, —para al menos tres modelos de país a saber; Guatemala, El Salvador y Costa Rica— así como la incidencia que sobre la trayectoria tecnológica tienen dichos modelos regulatorios. Lo anterior reviste particular importancia para Centroamérica, no sólo por el patrón de dependencia y concentración tecnológica de los países con respecto a fuentes basadas en combustibles fósiles; sino por el efecto y la vulnerabilidad que en materia de cambio climático tiene la alta concentración y dependencia —«*stickness*»— en materia de tecnologías de generación eléctrica.

A. La realidad energética regional, hechos estilizados que caracterizan su evolución reciente

La región centroamericana es una de las de mayor diversidad biológica del mundo, sus ecosistemas costeros y terrestres se encuentran entre los más apreciados del planeta, no solo por su belleza escénica, sino también por sus aportes a los servicios ambientales locales y globales (Boyce, 2009). Sin embargo, por su posición geográfica y sus características geológicas e hidrográficas, la región se encuentra entre los puntos más vulnerables a las afectaciones del cambio climático global, así como a manifestaciones más graves desastres naturales. Esta diversidad de climas locales y las características geográficas de la región hacen que la satisfacción de la demanda eléctrica en particular, tenga múltiples oportunidades, pero al mismo tiempo, múltiples desafíos.

Es por esa razón que la planificación del sector energético y en particular, el subsector eléctrico reviste un papel central en la sostenibilidad del ecosistema complejo de recursos de la región. Las opciones y trayectorias de evolución tecnológicas no pueden obviar las condiciones de partida de los ecosistemas naturales existentes, por el contrario, deberían ser un pilar en el proceso de conservación, renovación y recuperación de los mismos. Si bien durante buena parte del siglo XX la huella ecológica del sector eléctrico estuvo esencialmente asociada a la construcción de importantes proyectos de generación hidroeléctrica, con el devenir de los procesos de paz y la apertura y liberalización

* Contacto: Tel: (506) 2562-4338 • C.E.: lvargas@una.ac.cr y lavagrecia@gmail.com.

comercial de la región de las últimas tres décadas, la participación de otras fuentes de generación eléctrica han irrumpido en la matriz energética y eléctrica de la región. Llaman particularmente la atención los procesos de movimiento hacía fuentes térmicas de generación de algunos sectores eléctricos en países con experiencias recientes de privatización y sobre todo, los escasos márgenes para incorporar alternativas de eficiencia energética y fuentes alternativas renovables y limpias en materia de generación (CEPAL, 2003).

Múltiples informes y trabajos realizados en la región dan cuenta de este proceso o tendencia en la trayectoria tecnológica de los países de la región, quizás con la única diferencia de Costa Rica, que pese a haber incursionado en algunos de los cambios regulatorios propuestos en otros países, ha logrado mantener un proceso de inversión con una participación casi absoluta de proyectos de energía renovable y con una creciente diversificación de las alternativas de generación hacía fuentes renovables (Vargas, 2009:2).

En el caso particular de Guatemala, el país carecía de una cobertura eléctrica razonable y contaba con una estructura organizativa e institucional que no permitía garantizar la seguridad, calidad y sostenibilidad en la atención de la demanda eléctrica en la etapa previa a las reformas, de tal manera que su proceso de privatización se da como una salida alternativa al desabastecimiento y a la incapacidad del Estado de poder entregar energía y potencia en condiciones razonables de precio y calidad a los ciudadanos. La poca capacidad de acceder a financiamiento para subsanar la demanda futura de energía, al lado de un creciente agotamiento de las alternativas sobre todo hidroeléctricas hizo también llevar a El Salvador a involucrarse en una reforma institucional y del mercado eléctrico bastante profunda en la década de 1990. Ambos países terminan con una estructura y arquitectura del mercado similar y además comparten una línea de transmisión que integra ambos mercados, que les ha permitido incrementar el comercio bilateral de excedentes del sistema, por lo que en general se podrían considerar muy similares en cuanto a estructura y arquitectura del mercado (CEPAL, 2003).

El caso de Costa Rica podría considerarse la excepción a la regla regional, dado que, pese a sufrir de similares restricciones financieras y de fallas asociadas a la organización centralizada basada en un monopsonio de compra y un oligopolio de ventas de energía, ha sido capaz de moverse entre los avatares de las últimas dos décadas sin necesidad de realizar cambios fuertes en su estructura y arquitectura de mercado. En la actualidad se encuentra en discusión nuevamente una reforma de mercado que intenta enfrentar la situación regional acordada en el merco del SIEPAC y que da cuenta de una reorganización del mercado importante (Vargas, 2010).

Otra característica importante en la región es la mayor presencia de nuevos cuerpos de presión corporativa dentro de los estados nacionales sobre todo en el campo ambiental, amparados a convenios internacionales y a la mayor fortaleza de la sociedad civil dentro de los entornos democráticos de la región. Estos grupos nuevos han permitido impulsar leyes de mayor cobertura y de protección de recursos y visualizar intereses contrapuestos relacionados al uso del capital natural, sobre todo en términos de protección de los derechos de indígenas, la protección de los bosques y de recursos estratégicos. Este fenómeno pone en entredicho muchos de los proyectos hidroeléctricos y también ha generado presión en otros ámbitos como la geotermia, los biocombustibles y más recientemente algunas renovables como el viento y la biomasa (Jiménez-Gómez, 2009).

Al observar el desarrollo del sector energético de la región encontramos una fuerte persistencia del patrón de desarrollo tecnológico con un fuerte énfasis en energías fósiles. Si bien es cierto las economías se han diversificado en su estructura productiva y en general en sus instituciones, *los patrones de cambio en el sector energético ligados a las reformas de mercado no han generado mayores espacios*

para el desarrollo de nuevas fuentes de energía, particularmente de las energías limpias en los países del norte de la subregión (CEPAL, 2010:2).

La diversidad tecnológica es apreciada como un indicador sano de desarrollo sostenible en múltiples industrias y particularmente en el sector energía, donde dado el costo social de oportunidad de atender la demanda y la desproporcionada ubicación de los recursos energéticos en el mundo, obliga a los países a mantener diversificada su matriz energética para, de dicha forma, reducir la dependencia de una o dos fuentes en su balance energético nacional. El tema es central para países pequeños y con limitaciones estructurales en su desarrollo, tal como es el caso de la región centroamericana, cuya dependencia histórica del petróleo y sus derivados ha motivado permanentes impactos en balanza de pagos, precios de los hidrocarburos y de los insumos y bienes y servicios que dependen de estos e inclusive cortes en el servicio de electricidad y de combustibles por razones de oferta, por problemas de desabastecimiento o de transporte al interior de los países (CEPAL, 2010:1).

En particular, el impacto de la concentración en fuentes de energía basadas en combustibles fósiles ha sido ampliamente estudiado por CEPAL y por los organismos multilaterales de crédito en general. Sin embargo, pese a conocer las consecuencias de dicha trayectoria centralizada y concentrada de gestión de la política energética, las trayectorias de desarrollo tecnológico de la región siguen mostrando alta vulnerabilidad en cuanto a su escasa diversificación de portafolio, así como poco espacio en las nuevas formas institucionales del mercado que inhiben claramente el nacimiento y desarrollo de alternativas energéticas limpias, incluyendo por supuesto, los procesos de uso eficiente y de ahorro de energía. En la región aún persiste una altísima dependencia del petróleo y de las fuentes térmicas en general, en la región y los nacientes procesos de inserción de nuevas alternativas energéticas tienen enormes desventajas de mercado para aspirar a convertirse en espacios de aprendizaje tecnológico que sean soluciones de largo plazo para la región en este campo.

B. Cambio tecnológico y el sector energético

La sociedad del aprendizaje que caracteriza la actual fase capitalista de desarrollo, genera una enorme presión social en el sentido de ampliar los desequilibrios entre los participantes del proceso económico. La creciente importancia del conocimiento como factor esencial en la producción de valor, genera un rompimiento estructural de los fundamentos materiales del crecimiento económico, tradicionalmente asociado con la dotación de factores como tierra, trabajo o capital, provocando al mismo tiempo, una desmaterialización de la producción y una ampliación de las brechas entre sociedades, clases sociales e individuos.

La acumulación y des-acumulación de conocimiento a una velocidad sin parangón en la historia humana generan un stress sobre las bases y fundamentos del sistema productivo y en general, el sistema social de creación, acumulación, intercambio y reproducción del conocimiento. Entendido este como un sistema de innovación que integra socialmente los componentes relacionados con la creación y uso económico del conocimiento, a través de aplicaciones diversas a la esfera productiva.

Las posibilidades para el desarrollo sistémico de círculos virtuosos en materia de acumulación y expansión social del conocimiento condiciona la creación de sociedades de aprendizaje alto y con índices de creciente competitividad y desarrollo económico. Se trata de procesos de crecimiento sostenible de la base material del bienestar en las sociedades capitalistas de nuestro tiempo a saber, el proceso de creación y destrucción creativa de conocimiento.

La innovación es claramente el resultado de estos procesos sistémicos de aprendizaje social, donde se acumula y utiliza nuevo conocimiento en la esfera social, generándose nuevas instituciones

y tecnologías para la atención de los nuevos problemas o necesidades de la sociedad. Se trata entonces de un proceso social de intercambio de conocimiento donde la actitud creativa y el uso de diversos mecanismos de aprendizaje formal e informal, articulan condiciones para el surgimiento de nuevas formas de resolución de problemas. Este proceso social se logra en mayor o en menor medida de forma bastante diferenciada al interior y entre sociedades, lo que provoca las diferencias en el resultado económico de cada una de ellas.

La necesidad de darle un fundamento ético humanista al proceso inovativo nos lleva al planteamiento de las metas del milenio y los requerimientos mínimos que los procesos de innovación social deben garantizar. Las sociedades deben de incorporar dentro de sus objetivos la sostenibilidad ambiental global y local y la búsqueda de innovaciones sociales que articulen los procesos de aprendizaje con un sentido inclusivo. El sentido humanista de la innovación debe recuperar los fines y no necesariamente los medios dentro del sistema de aprendizaje, provocando elementos que converjan hacia innovaciones sociales de amplia inclusión, al mismo tiempo que soluciones tecnológicas sostenibles.

De no existir procesos de aprendizaje, institucional y tecnológica, que se fundamenten en principios éticos radicalmente diferentes al individualismo predominante de nuestro tiempo, será imposible romper con los procesos actuales de desigualdad social. La búsqueda de restricciones sociales debe privilegiarse desde y por las políticas públicas, que si bien deben fortalecer y fomentar el aprendizaje, deben hacerlo, con amplios fines sociales incluyentes y fundamentados en el paradigma del desarrollo sostenible.

En particular, cuando nos referimos al sector energía, la forma particular en que se incorporan los objetivos sociales o ambientales en la función objetivo a maximizar, clásicamente se hace referencia al mercado. En este particular, tradicionalmente los economistas nos hemos ocupado de estudiar la estructura del mercado; -la forma en cómo se determinan los precios y cantidades dentro de un mercado- suponiendo como un dato el contexto y las condiciones del entorno que dan lugar a esa particular forma de organización y estructura del mercado. Es claro que por el lado de la oferta, la función de producción neoclásica convencional prácticamente da por supuesto el tema tecnológico, asumiendo que es un bien común o que es exógeno al modelo de producción. De lo anterior podríamos decir que la trayectoria tecnológica sería exógena.

El estudio de la estructura del mercado nos conduce desde la tradicional versión neoclásica de competencia perfecta, hasta las estructuras no competidas del mercado, a saber los extremos del monopolio o monopsonio, así como las variaciones monopsonísticas y monopolísticas que se acostumbran describir en la literatura económica de los sectores de infraestructura.

Una vez definida la estructura de mercado y el interés más o menos estratégico del bien o servicio para el conjunto de la sociedad, la labor regulatoria define lo que se conoce como, la arquitectura del mercado, es decir, las reglas del juego sobre cómo operan las actividades de producción, transporte y consumo de bienes y servicios dentro de dicho mercado. *Generalmente se define como función objetivo a maximizar las ventajas en el precio, la calidad y en algunos casos la accesibilidad del bien, dejando de lado otros objetivos de mediano y largo plazo, tales como la seguridad de la oferta, la sostenibilidad ambiental o social y por supuesto, muy pocas veces se determinan metas de diversificación de riesgos.*

No se puede entender un mercado sin comprender ambas partes del mismo, así como no se puede decir mucho o poco sobre los resultados —*performance*— del mercado, sino se interpreta en el contexto más amplio del performance o resultados de eficacia del sistema democrático —político— en hacer valer los intereses de la ciudadanía. Si bien es cierto, la tecnocracia burocrática pueden elevar

los costos de transacción del sistema en proporciones muy altas, la eficiencia final en el cumplimiento de los fines y objetivos de la regulación también permite evaluar el proceso de elaboración de reglas e instituciones del país en su contenido democrático (Vargas, 2002).

De esta forma, un buen funcionamiento del mercado y de su regulación —arquitectura del mismo— se asociaría a un buen funcionamiento del sistema democrático (Hvelplund, Frede 1999). Si ambas cosas son correctas, las preguntas tradicionales de si regular o no regular, que bienes regular y cuando, así como las características particulares de los procesos regulatorios de cada país tienen su fundamento en la particular forma que asume la selección democrática de los representantes populares ante el parlamento, como expresión de la voluntad de la ciudadanía. Al respecto, lo que parece extraño es que si los objetivos de seguridad energética y de sostenibilidad social y ambiental son de alto interés de la ciudadanía, existe claramente fallas en el entorno inter-institucional que no permiten generar regulaciones y condiciones para el proceso de regulación cotidiana que garanticen resultados efectivos con respecto a dichos objetivos en la operación de los sistemas eléctricos en la cotidianeidad (Vargas, 2010).

Otro aspecto a destacar tiene que ver con las características que asume el proceso de diseño de un modelo regulatorio, es decir, la forma particular de definir la arquitectura de la regulación del mercado. En este campo reviste mucha importancia ver el proceso de aprendizaje institucional dentro del mercado, así como los procesos de aprendizaje trasladados desde otras regiones del mundo. Esta segunda parte se refiere más al como regular, donde regular, quién regula y cuando o no se regula. Sobre este particular reviste importancia destacar que las funciones objetivo de la regulación existente se fundamentan en la optimización del corto plazo, generando presión por el referente precio y en algunos casos la calidad o accesibilidad del servicio. Estas funciones objetivo muchas veces se contraponen a objetivos de diversidad tecnológica, que podrían permitir el acceso de nuevas fuentes energéticas con curvas de aprendizaje menores y como tal, costos un tanto superiores a corto plazo, lo mismo que objetivos como el medio ambiente o cambio climático, que obligaría a medidas de restricción directa del uso de ciertas opciones tecnológicas en concordancia con un uso sostenible de los recursos. De igual forma que los procesos de eficiencia y de sustitución de energía podrían requerir de premios y castigos mayores que garanticen efectividad de las políticas y el traslado en el tiempo de las ventajas de usar un menor coeficiente de intensidad energética por parte de los países (Sterling, 1999).

Muchas ocasiones las inversiones corporativas ya realizadas se contraponen con la deseabilidad de cambio en el sector, debido a amortizar costos hundidos de inversiones del pasado que deberían dejarse atrás y fortalecer un proceso de cambio tecnológico e institucional más favorable a las trayectorias limpias en materia energética. El poder corporativo privado y público de dichas empresas muchas veces se convierte en una presión fuerte ante el cambio, evitando o reduciendo los márgenes del mismo (Kemp, 1995).

En este contexto, el cambio tecnológico es un proceso gradual con alta dependencia del pasado y co-evolutivo. Las transformaciones institucionales afectan claramente la trayectoria de cambio en el sector de igual forma que se generan importantes efectos en el patrón de especialización de los países (Lundvall, Beng-AKE, 1998). Es de esperar un proceso de aprendizaje gradual e interactivo muy influenciado por la trayectoria del pasado.

C. Trayectoria del mercado y trayectoria tecnológica de la región centroamericana en energía

La estructura de mercado energético y en particular del mercado eléctrico se caracterizó por ser un monopolio natural público regulado en la gran parte de la región desde sus primeros pasos en la primera mitad del siglo XX. Para el caso de Costa Rica en particular, se cuenta con un oligopolio regulado en generación, monopolio en transmisión y despacho y un oligopolio, regionalmente distribuido, en las áreas de distribución y comercialización con franquicias únicas. Para el caso de Guatemala, la estructura de mercado paso de estar en manos públicas a un sector dominado por actores privados en generación, un actor público en transmisión y un segmento monopólico regional de distribución, con algunas variantes para las regiones de menor acceso y cobertura eléctrica. En el caso de El Salvador, sucede básicamente lo mismo que en Guatemala con la particularidad que el modelo seguido privatizó prácticamente todos los segmentos de la industria, generando algunas diferencias regulatorias importantes, sobre todo en cuanto a derechos de uso y expansión de la transmisión y la distribuciónde energía.

Por lo general, al ser considerado un bien de interés público, todo el sector en su conjunto se encuentra bajo un esquema de supervisión público y tanto los precios de compra, como los de venta se encuentran regulados por distintas modalidades e instituciones regulatorias, de acuerdo con el país. Para Costa Rica por ejemplo, el esfuerzo regulatorio se concentra en una estructura de costo medio para ICE y el cálculo de algunos costos marginales para el caso de las empresas nuevas de generación y de tarifas o peajes de transmisión y distribución, lo que por lo general son costos incrementales de largo plazo, regulados por ARESEP. La planificación del sector es centralizada y se realiza con programas de expansión obligatorios basados en modelos de costos que optimizan el potencial existente, dadas restricciones técnicas y financieras del ICE y en general, los procesos de programación de la inversión pública guiados por la política energética dictada por el MINAET. La política de expansión privada está determinada por límites a la generación en fuentes no térmicas y de acuerdo con la programación de compras y contratos del ICE.

Los agentes no operan en competencia real en ninguno de los tres países (Costa Rica, Guatemala y El Salvador) sino que en el caso de los generadores privados se firman contratos que garantizan la compra mediante modalidades de compra, operación y traslado, con precios basados en la regla de costo marginal de largo plazo del ICE, para el caso de Costa Rica, actualizables de acuerdo con las condiciones del momento. En Guatemala y El Salvador, los contratos de entrega de energía se pueden realizar mediante la modalidad privada entre actores del mercado o mediante la participación en el mercado spot de corto plazo de energía y potencia, regulados mediante un sistema de despacho común. A todo esto, se suman situaciones especiales para atender la demanda insatisfecha, sobre todo en Guatemala, donde la penetración incremental de la brecha de servicio permite la entrada de diversos actores a servir actividades y consumidores no servidos en zonas rurales.

Si bien es cierto que este tipo de regulación ha permitido mantener un nivel adecuado de inversiones en el sector, existe una clara inconsistencia en términos del tratamiento de los actores, por fuente y tipos de tecnología. En el caso de Costa Rica, dado el componente alto de generación hidroeléctrica, el sistema lleva a costos relativamente bajos en el ámbito de costos de generación promedio, lo que permite mantener tarifas diferenciadas por fuentes, de acuerdo con los intereses y objetivos existentes en el sistema. Para este país el problema se centra en la expansión futura, dado los altos costos de capital que se requiere para invertir en el marginal del potencial hidroeléctrico. De igual forma se ha consolidado un sistema institucional hidroeléctrico que inhibe en muchos casos la

explotación de otras posibles fuentes, tales como el recurso eólico, que es abundante y muy complementario, al menos para el caso de Costa Rica.

Con relación al esquema de precios para distribuidoras, se requiere una revisión sustancial del mercado en aquellos casos donde existe integración vertical, es decir, empresas distribuidoras que generan electricidad. Pese a estar regulado a un nivel no mayor al 30% de sus ventas, este esquema genera desventajas para los consumidores, que no observan transparentemente como las inversiones de las compañías distribuidoras se traducen en mejoras en calidad y precio de la energía recibida. De igual forma operan incentivos perversos cuando la política de ahorro y de venta la realiza un mismo actor. En los mercados más térmicos del norte de la región, el problema es un incremento en las tarifas finales al consumidor, dado el creciente uso de fuentes no renovables, las cuales son cada vez más escasas, ambientalmente contaminantes y sobre todo, de mayor riesgo de abastecimiento en el entorno global.

En lo que respecta a los derechos de propiedad, los principales aspectos están ligados con los derechos de agua para la generación hidroeléctrica y los derechos de paso para las líneas de transmisión, desde el proyecto hasta las unidades de transmisión del ICE o subestaciones. Con la creación de la ARESEP la función pasó a manos del Ministerio de Ambiente y Energía y Telecomunicaciones MINAET, en lo referente al departamento de aguas.

Aunque existe bastante legislación sobre aguas y uso de cuencas, así como un apartado en la ley del ambiente sobre pago de servicios ambientales, las características colectivas de los recursos han generado grandes conflictos y problemas fuertes con comunidades. De igual forma, se tienen conflictos importantes en materia de uso de cuencas y recursos geotérmicos en parques nacionales, reservas indígenas y lugares de conflictividad en materia de otros usos del recurso, como lo es el tema del turismo.

La claridad con que los actores puedan encontrar soluciones innovadoras a este tipo de conflictos existentes es esencial para un sano y equilibrado desarrollo del sector eléctrico. Es de esperar un período de amplio debate sobre el futuro energético, que involucra también el tema de la integración eléctrica regional. La forma en cómo se determinan los objetivos adicionales en materia de ambiente, equidad, seguridad y sostenibilidad del servicio a largo plazo debe de estar definida mediante los mecanismos de participación de la sociedad civil y en general, de los ciudadanos. La solución al problema no parece ser una privatización, entendida como el paso de los derechos de propiedad a pequeños grupos corporativos en la mayoría de los casos de interés transnacional, casos claramente vistos en El Salvador y Guatemala. La solución pareciera ser encontrar un mejor balance de participación de los intereses de la sociedad civil en las decisiones de las empresas, independientemente de su origen de capital.

En este sentido, las perspectivas de integración eléctrica parecen mostrar signos similares de concentración de poder de mercado y escasa acción para la competencia efectiva que permita el acceso a nuevas fuentes y actores en el sector eléctrico. Las instancias regulatorias están sujetas a restricciones financieras y técnicas importantes. En materia del mercado eléctrico regional, se observa en Centroamérica estrategias corporativas de grupos privados que tienden a dominar importantes segmentos del mercado energético a escala regional, lo que probablemente anticipe una estructura oligopólica en cuanto al mercado (SIEPAC, 1999).

El carácter público entonces, no se trata de una necesidad económica, dado que los servicios pueden efectivamente darse a través de la iniciativa privada. Sin embargo, las externalidades existentes hacen del mercado sin regulación —efectiva y estratégica— un mecanismo de alto riesgo en materia de eficiencia económica y protección ambiental a largo plazo. El desarrollo del sector

energía durante los últimos cincuenta años ha estado centrado en una creciente estrategia de centralización y verticalidad en materia de toma de decisiones. Esto fue hasta cierto punto necesario para aprovechar las economías de escala en materia de interconexión eléctrica nacional y en el campo de distribución de combustibles. Sin embargo, la necesidad de replantearse dicha estrategia es, hoy por hoy, un reto importante en el sector (Vargas, 2010:1).

Las nuevas formas de energía no convencionales, la conservación y uso eficiente de la energía y la promoción de fuentes pasivas en los campos de transporte, cocimiento, calefacción y ahorro, hacen de la descentralización un tema importante. La planificación local con participación de actores nuevos como comunidades, ambientalistas y propietarios locales de recursos, requiere democratizar la toma de decisiones y descentralizar las actividades de planeamiento, ejecución y administración de los recursos y proyectos.

El mercado, como otras instituciones presentes en el sistema económico, genera resultados buenos o malos acorde con la institucionalidad asociada, con su arquitectura institucional. La situación existente en materia de derechos de propiedad, la existencia o no de reglas en materia de transparencia para manejar la información, las características de la normativa y regulación, así como su estilo son elementos importantes en esta arquitectura. De igual manera, la planificación por objetivos no debe sustituir al mercado, debe orientar su accionar para alcanzar metas en campos donde el libre accionar del mismo no lo garantice. Creo que la modernidad pasa necesariamente por una reforma del mercado, pero el tipo de institucionalidad que lo sustente es vital para alcanzar el fin último de dicha modernidad. El mercado bien orientado puede conducir hacía una idea de modernidad que permita equilibrar los objetivos económicos básicos de eficiencia y competencia, con objetivos de equidad de acceso y sostenibilidad ambiental (Vargas, 2010:2).

El despacho económico es una función fundamental en los nuevos esquemas de mercado orientados por la des-regulación y apertura del sector eléctrico. Pese a lo anterior, existe un marcado desconocimiento acerca del impacto futuro de las reformas en áreas como el ambiente, eficiencia económica y seguridad del sistema y sobre todo, el impacto sobre la distribución del ingreso vía cambio en las tarifas y calidad del servicio. De igual forma, se perfila una menor diversidad de fuentes, con alguna concentración importante en fuentes térmicas. Esto es quizás uno de los mayores riesgos de los procesos de cambio institucional.

Para Costa Rica, en la curva de carga del sistema se utiliza la energía renovable (hidroeléctrica y geotérmica) como la base para llenar la curva de demanda, y se atiende la demanda en períodos pico con fuentes térmicas en el caso de Costa Rica. Adicionalmente a la reducción de costos de despacho, se agregan los criterios técnicos de estabilidad del sistema, servicios adicionales como potencia activa y reactiva y otros requerimientos de consistencia regional y energía de soporte para fallas repentinas o inestabilidad provocada por el tipo de fuente de energía despachada. A diferencia de la optimización basada de costo marginal de corto plazo que se utiliza en un sistema térmico como son los casos de El Salvador y Guatemala, el despacho económico en un sistema mixto como el costarricense requiere de la combinación de factores de costo de hoy, adicionados a valores esperados del precio del agua en los embalses, los cuales dependen de una función futura de caudales y como tal del régimen de lluvias. De no considerar otros objetivos de despacho, integrar ambas versiones de mercados podría cambiar los objetivos de unos y de otros, generando ganancias de eficiencia de corto plazo, pero encareciendo los costos de la energía en el mercado costarricense.

De esta manera, la planificación del despacho y como tal, del uso de los embalses representa una función de optimización inter temporal sujeta a condiciones de incertidumbre. Siempre que las plantas que se adicionen al sistema y como tal, a la lista de despacho, tengan un ordenamiento por

costo mínimo y que se conozcan con cierta precisión los caudales esperados (pronosticados a partir de diversa información del pasado), se puede obtener un ordenamiento y despacho económico de plantas que minimiza los costos de operación del sistema en su conjunto.

Para garantizar que los riesgos de racionamiento son minimizados, el sistema eléctrico requiere mantener una capacidad instalada disponible superior a la demanda máxima del sistema, de tal forma que se pueda atender situaciones inesperadas motivadas por múltiples problemas o riesgos dentro del sistema. En el caso actual dicha capacidad es garantizada por el ICE en Costa Rica, que da soporte al sistema dado su carácter de líder dentro del mismo. Actualmente, todos estos costos son transferidos al sistema, al igual que el valor de la energía pagada por el ICE a los generadores privados, mediante un sistema tarifario regulado que reconoce como costos operativos esta etapa de despacho. Este es un elemento que ha beneficiado a fuentes de energía que como la eólica, presenta una calidad inferior en términos de estabilidad y soporte dentro del sistema.

Los sistemas que operan con mercados spot y de contratos generan, dentro de su propio contexto, instrumentos económicos y técnicos que garantizan la seguridad de oferta, con mercados spot para diferenciales no contratados de demanda y con mecanismos de seguro y reaseguro que garantizan la cobertura eléctrica, sobre todo con plantas térmicas de alto costo. Por lo que es de esperar que el sistema de mercado genere precios finales al consumidor pequeño y mediano más altos que la versión de mercado regulado y público que opera en Costa Rica.

De igual forma la versión institucional del mercado costarricense garantiza mayor rentabilidad para fuentes renovables que requieren de inversiones de mediano y largo plazo, debido que pese a tener precios inferiores, los contratos de compra de mediano y largo plazo garantizan flujos de inversión más estables para los inversores institucionales, sobre todo los fondos de inversión de cartera dentro del país. Prueba de ello es el creciente financiamiento interno de proyectos mediante la figura del fideicomiso local por parte de varias empresas eléctricas.

D. Modelo de convergencia o divergencia tecnológica en el sector energía

Si bien es cierto que la convergencia o divergencia es un debate ampliamente conocido en el comercio internacional, para el caso de los sectores específicos que operan como bienes no comerciables internacionalmente, o en este caso, con cadenas de producción local e importantes costos hundidos, existen pocos estudios realizados sobre el «*lock-in*» tecnológico e institucional del sector energético y, en particular, del sector eléctrico. El marco teórico de partida establecería que existe un proceso muy frenado por la dependencia del pasado y como tal, el acceso a otros espacios de innovación tecnológica es bastante estrecho y está sumamente afectada por la estructura y arquitectura del mercado. Una aproximación a dicho contexto se puede derivar de forma sencilla mirando la convergencia o divergencia tecnológica del sector con indicadores de medias móviles o mediante un modelo de regresión lineal de series de tiempo (Lindegaard y Vargas, 2002). Ambas metodologías se describen brevemente a continuación.

1. Dependencia o diversificación tecnológica: prueba de medias

La diferencia de medias nos permite mirar para dos momentos o períodos de tiempo si existen cambios significativos en la participación de mercado de fuentes renovables y fuentes no renovables de energía. En el caso de Centroamérica, hemos separado la región y cada uno de los países individualmente para observar si su evolución entre el segundo quinquenio de la década de 1990 y el segundo quinquenio de

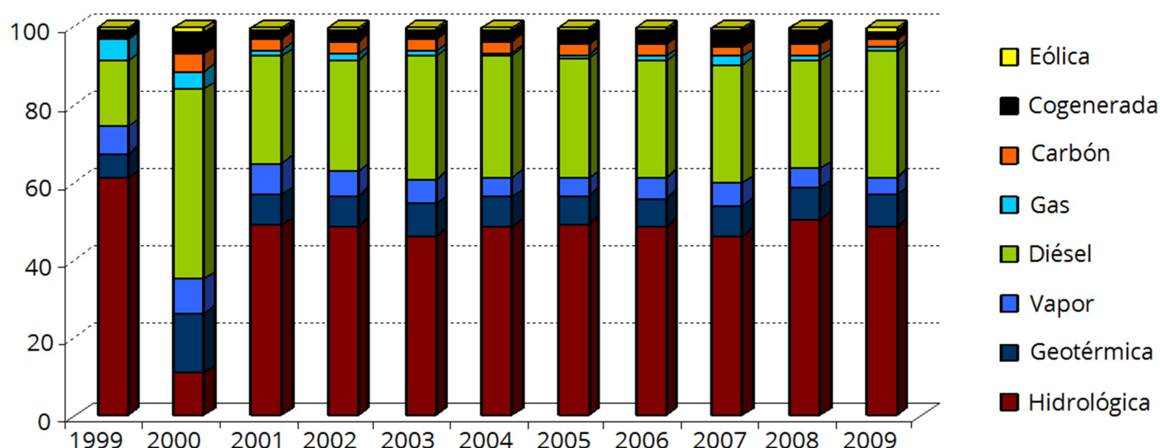
la década de 2000 es menos o más insostenible en su trayectoria tecnológica. Dado que Centroamérica no cuenta con recursos no renovables suficientemente explotables y conocidos de petróleo y derivados, el movimiento hacía fuentes no renovables de energía podría ser considerado como un problema de sostenibilidad de futuro de su abastecimiento energético y daría cuenta de una mayor dependencia (Greene, 1999).

Si bien la prueba no nos permite definir causalidades, identifica la situación existente de la trayectoria entre los períodos previos y posteriores a la apertura de sus economías y donde se han dado cambios regulatorios o institucionales importantes, tales como la desregulación y privatización de los sectores energéticos. Lo anterior, daría pistas para evidenciar algunas dificultades del nuevo modelo regulatorio y de arquitectura del mercado para enfrentar este tipo de objetivos de diversificación de la oferta energética a mediano y largo plazo (Guerrero, 1991).

En el caso de El Salvador, Guatemala y Panamá, el cambio de modelo es bastante simple de determinar, dado los efectos de la liberalización, privatización y cambio en la forma de regulación del mercado eléctrico; mientras que para Costa Rica y Honduras el punto de inflexión es menos claro, dado que los ajustes regulatorios no han generado procesos tan rápidos o bruscos de ajuste institucional. Situación especial merece la atención del caso de Nicaragua, donde la trayectoria institucional ha cambiado pero el clima en general de inversión del país tiende a generar problemas estructurales para la llegada de inversionistas al sector (CEPAL, 2003).

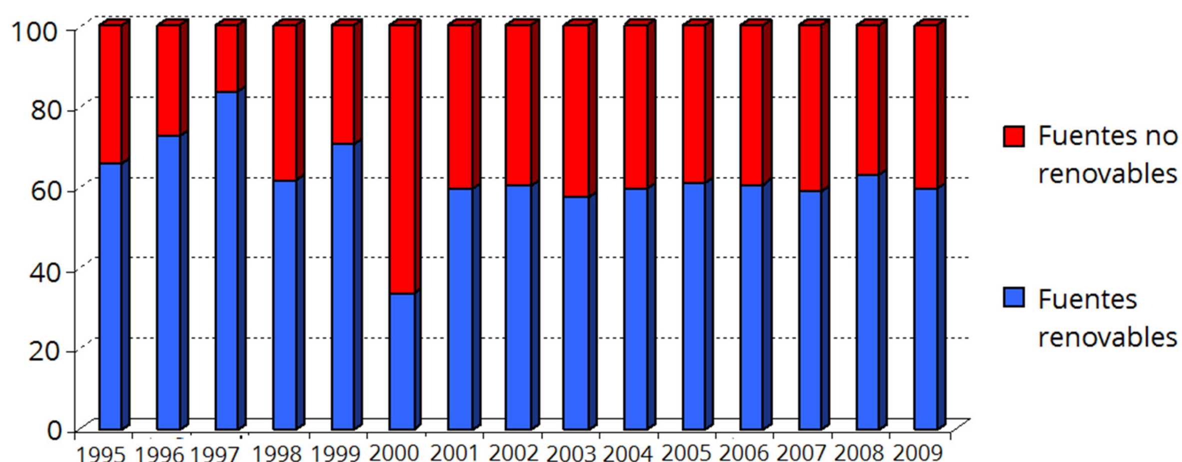
De acuerdo con los datos disponibles, la evolución para la región en su conjunto de las distintas opciones disponibles de generación de electricidad y otras opciones de generación de energía tienden a ser cada vez menos diversificadas, con la excepción de Costa Rica que contaba con una mayor participación de fuentes renovables y que se ha mantenido en dicha trayectoria durante todo este período. De manera clara se muestra como la participación de la fuentes térmicas ha incrementado su contribución a la generación total de energía en el sub-período posterior a la apertura y liberalización de los mercados, sobre todo en los países que han adoptado el modelo de reformas de mercado basado en mercados mayoristas y spot con un fuerte componente de privatización de los recursos (véanse los gráficos V.4.1 y V.4.2).

Gráfico V.4.1
Evolución de la participación de cada fuente en la generación de energía
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia sobre la base en datos de CEPAL.

Gráfico V.4.2
Evolución de la participación de las fuentes renovables y no renovables en la generación de energía
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia con base en datos de la CEPAL.

Al realizar la prueba de diferencias de medias (véanse los cuadros VI.1.1 y VI.1.2), se muestra que la hipótesis establecida sobre la evolución insostenible de la trayectoria tecnológica hacía fuentes no renovables es mucho más marcada para los países Guatemala, Honduras y Panamá. La muestra seleccionada de medias nos permite eliminar las variabilidades anuales de generación, considerando los ciclos del clima, así como la consideración de la participación relativa nos permite eliminar el efecto escala presente en las fuentes estadísticas energéticas. Por lo que el indicador utilizado de diferencias de medias sobre participaciones relativas con respecto al total nos ayuda en comprender el verdadero impacto del cambio relativo.

Cuadro V.4.1
Centroamérica: prueba de diferencia de medias de generación con fuentes renovables en los quinquenios 1995-1999 Y 2005-2009

País	Medias		Varianzas		Estadístico *t*	Valor crítico	Prob
	1995-1999	2005-2009	1995-1999	2005-2009			
Centroamérica	70,81	60,69	0,69	0,02	2,67	2,13	0,027
Costa Rica	92,65	94,02	0,27	0,03	-0,55	2,01	0,301
El Salvador	59,12	58,79	0,47	0,07	0,09	2,01	0,462
Guatemala	63,44	54,96	0,14	0,10	3,92	1,85	0,002
Honduras	60,98	37,77	0,17	0,24	8,11	1,86	0,000
Nicaragua	32,91	30,33	0,80	0,13	0,59	2,01	0,288
Panamá	68,44	60,64	1,08	0,09	1,61	2,01	0,083

Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos de la CEPAL, trasladados a participaciones relativas y utilizando promedios de cada quinquenio como normalización.

Cuadro V.4.2
Centroamérica: prueba de diferencia de medias de generación con fuentes no renovables en los quinquenios, 1995–1999 y 2005–2009

País	Medias		Varianzas		Estadístico t	Valor crítico	Prob
	1995-1999	2005-2009	1995-1999	2005-2009			
Centroamérica	29,19	39,31	0,690	0,020	-2,670	2,13	0,027
Costa Rica	7,35	5,98	0,270	0,030	0,550	2,01	0,302
El Salvador	40,88	41,21	0,470	0,070	-0,090	0,46	0,462
Guatemala	36,56	45,04	0,140	0,100	-3,920	1,85	0,002
Honduras	39,02	62,23	0,170	0,240	-8,111	1,85	0,000
Nicaragua	67,09	69,67	0,800	0,130	-0,590	2,01	0,288
Panamá	31,56	39,36	1,080	0,090	-1,610	2,01	0,083

Fuente: Elaboración propia sobre datos de la CEPAL, trasladados a participaciones relativas y utilizando promedios de cada quinquenio como normalización.

Nota metodológica sobre diferencias de medias

Para la correspondiente prueba de diferencia de medias se hizo uso de la prueba t para dos subperíodos suponiendo varianzas desiguales. Se estableció como hipótesis nula que la media de la generación eléctrica del quinquenio 1995–1999 era igual a la media de la producción del quinquenio del 2005–2009. Y se consideró un 95% de confianza. A partir de datos de generación de energía eléctrica neta obtenidos de la CEPAL, se determinaron las medias y varianzas y mediante la siguiente fórmula se obtuvo la *t* estadística:

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - D_0}{\sqrt{S^2({}^1/_{n_1} + {}^1/_{n_2})}}$$

Recordando que D_0 corresponde a la diferencia hipotética, $\bar{x}_1$ $\bar{x}_2$ son las medias de cada uno de los quinquenios y s^2 es igual a:

$$\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

Luego de obtener la t estadística se procede a compararlo con el valor crítico y de esa manera conocer si existe o no evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula. Tomando en consideración el valor que arroja la probabilidad.

El resultado por países muestra que la diferencia de medias es estadísticamente significativa y favorable a las energías no renovables en el caso de Guatemala, Honduras y Panamá, que apostaron por la apertura, liberalización y privatización de los subsectores eléctricos durante la década de 1990. De alguna forma, por las especificidades contractuales y la arquitectura de dichos mercados, las trayectorias tecnológicas han inhibido el desarrollo de otras fuentes renovables y sobre todo, fuentes renovables más nuevas. El caso de Costa Rica es claramente divergente en la región, donde la apuesta institucional es un segmento esencialmente público y de mercados privados de nicho, lo que ha generado un mayor espacio para el crecimiento de las energías renovables y sobre todo, la diversificación creciente de fuentes energéticas, elemento deseable en una trayectoria país de largo plazo. Los casos de El Salvador y Nicaragua podrían tener un tratamiento especial por el ciclo específico de la generación, sobre todo que ambos ya de por sí tienen una estructura de generación con un porcentaje muy alto de carácter térmico.

2. Dependencia del pasado, prueba econométrica

En materia institucional y tecnológica la presión del pasado es muy fuerte, de tal forma que la introducción al mercado de nuevas fuentes se mira generalmente como un proceso lento, muchas veces mediante nichos de mercados no atendidos o simplemente como resultado de compromisos regulatorios o de política energética. Cuando la situación es extremadamente dependiente como por ejemplo en el caso de los países europeos, los objetivos de definición de cuotas o la incorporación de subsidios o mecanismos obligatorios de cumplimiento en el despacho, permiten que se ingrese importantes cantidades de energía renovable, sobre todo de fuentes que, si la competencia se marcará por calidad y precio de corto plazo, sería imposible introducir.

Para probar la dependencia del pasado o que tan pegada es la trayectoria tecnológica a la evolución pasada, se realiza una sencilla prueba de series de tiempo, donde se observa la evolución de la elasticidad de cambio en el tiempo de la trayectoria tecnológica. Dicha elasticidad muestra el nivel de resistencia al cambio del sector y podría fácilmente asociarse a factores regulatorios, institucionales y de estructura y arquitectura del mercado energético.

Para el caso del modelo econométrico el ejercicio es determinar si efectivamente existe una variación significativa de la trayectoria tecnológica del sector a lo largo del tiempo y si es posible encontrar momentos históricos que expliquen dicho cambios, generalmente asociados con cambios regulatorios o condiciones extraordinarias de ajuste en el sector. Este modelo intenta también probar algo que la teoría institucional ha dicho desde hace mucho tiempo y es que los procesos de aprendizaje tecnológico e institucional son lentos y toman mucho tiempo en hacerse efectivos.

Cuadro V.4.3
Centroamérica: fuentes renovables

País	α	β	Estadístico t	Prob	R2
Centroamérica	0,336	1,033	21,008	0,000	0,963
Costa Rica	0,402	0,963	9,448	0,000	0,840
El Salvador	0,712	0,927	12,067	0,000	0,895
Guatemala	-0,144	1,022	9,267	0,000	0,835
Honduras	1,167	0,877	5,416	0,000	0,633
Nicaragua	2,943	0,675	3,597	0,002	0,432
Panamá	3,179	0,631	3,716	0,002	0,448

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la CEPAL.

Cuadro V.4.4
Centroamérica: fuentes no renovables

País	α	β	Estadístico t	Prob	R2
Centroamérica	1,935	0,836	8,960	0,000	0,825
Costa Rica	1,244	0,872	12,640	0,000	0,904
El Salvador	2,085	0,784	14,189	0,000	0,922
Guatemala	0,376	0,968	21,860	0,000	0,966
Honduras	0,717	0,929	17,564	0,000	0,948
Nicaragua	7,935	0,132	0,580	0,566	0,020
Panamá	4,314	0,553	3,149	0,006	0,368

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la CEPAL.

Nota metodológica:

A partir de los datos de la oferta de energía, medida en miles de barriles equivalentes de petróleo, se estimaron las regresiones econométricas en el paquete de Eviews5, mediante el método de mínimos cuadrados ordinarios, para ello se planteó el siguiente modelo autorregresivo de orden 1:

$$\log Y_t = \propto + \beta\ log Y_{t-1} + \varepsilon$$

Se definió la variable dependiente (Y_t) como la oferta energética, renovable o no renovable según corresponda, del año «t» y la variable regresora; (Y_{t-1}) como la oferta energética del año anterior. Se utilizan logaritmos para estas variables con el fin de obtener las respectivas elasticidades. El valor de $\propto$ indica la apertura al cambio; es decir el cambio de la trayectoria tecnológica en la generación de energía. Y el coeficiente β corresponde a la elasticidad histórica de la oferta de energía renovable o no renovable por país y región, según corresponda. Y por último ε corresponde a los residuos que genera el modelo.

Los resultados obtenidos confirman la teoría en tanto se mantiene una clara dependencia del pasado en materia tecnológica a lo largo de las últimas dos décadas. Esto es resultado de la inercia y el proceso de dependencia estructural que los sectores económicos y en particular, el sector energético tiene. Los mecanismos de difusión de nuevas tecnologías requieren superar barreras institucionales de décadas de inversión y que muchas veces requieren de cambios en la mentalidad de los recursos humanos ubicados en las organizaciones del sector. Caso claro es el tema del viento, que pese a ser un recurso abundante en los países de la región, ha tenido que superar múltiples barreras para el acceso a la red y a los marcos regulatorios del sector.

Los países tradicionalmente hidroeléctricos sufren de hidrofobia, de tal manera que su patrón está esencialmente ligado a uno o dos fuentes de recursos. Este tema sugiere el diseño de mecanismos de cuota o de ingreso proporcional de otras fuentes energéticas. En el caso de los países que usan fuentes térmicas, sus estructuras regulatorias podrían también terminar siendo termo-orientadas, sin garantizar espacios para otras fuentes renovables nuevas de energía. Ni que decir de las realidades de la conservación y uso eficiente de la energía, que termina muchas veces siendo sofocada por los intereses corporativos de las empresas que venden energía.

E. Conclusiones e implicaciones de política

A pesar de ser una región relativamente pequeña y con un marco institucional similar, existen claramente muestras de procesos divergentes en relación con la sostenibilidad del sector energía de la región centroamericana. Es claro que los resultados encontrados en este trabajo dan cuenta de trayectorias tecnológicas que cambian muy lentamente, empero, al margen de dicha característica, existen países como Guatemala, Honduras y Panamá que muestran un viraje hacía sectores energéticos basados en energías no renovables.

Las pruebas de diferencias de muestras y de evolución histórica con sus elasticidades, muestran una fuerte dependencia del pasado y procesos de mayor flexibilidad y acceso a las fuentes renovables en aquellos países que por alguna razón han postergado involucrarse de lleno en el modelo de reformas de mercado convencionales. Lo anterior dejaría claro una senda de corrección importante, dado que los marcos de acción de política en países como Guatemala y Honduras no están permitiendo una evolución que favorezca una penetración mayor de fuentes alternas renovables de energía.

Es claro que los procesos de rediseño institucional requieren repensar los objetivos del sector y concentrarse no sólo en las ventajas de precio y calidad de corto plazo, sino en garantizar estabilidad, sostenibilidad y una trayectoria de innovación más activa en el sector energético de la región. Es quizás lo anterior el principal talón de Aquiles de las reformas hasta la fecha y una tarea pendiente de cara a enfrentar el cambio climático como región.

F. Bibliografía

Altomonte, Hugo (2009), «Las políticas públicas en las orientaciones de las inversiones energéticas» (PPT), *Reunión CIER, UNESA*, Madrid.

Boyce, James K., Sunita Narain and Elizabeth A. Stanton (2007), *Reclaiming nature: Environmental justice and ecological restoration*, Anthem Press, London.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (2003), *Evaluación de diez años de reforma en la industria eléctrica del Istmo Centroamericano* (LC/MEX/L.588) [en línea], México, D.F., diciembre. <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25719/1/LCMEXL588_es.pdf>.

________(2010:1), *La participación de las fuentes renovables en la generación de energía eléctrica: inversiones y estrategias empresariales en América Latina y El Caribe* (LC/W.331) [en línea], documento de proyecto. CEPAL-GTZ, julio <www.cepal.org/publicaciones/xml/5/41115/lcw331e.pdf>.

________(2010:2), *Istmo centroamericano: Estadísticas del subsector eléctrico: datos actualizados 2009* (LC/MEX/L.961) [en línea], abril <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25970/1/LCmexL961_es.pdf>.

Greene, H. Willian (1999), *Análisis econométrico*, 3ª edición, Madrid, Prentice Hall Iberia.

Guerrero, Víctor Manuel (1991), «Análisis estadístico de series de tiempo», *Colección CBI*, México, D.F., Universidad Autónoma Metropolitana (UAM).

________(1989), *Estadística básica para estudiantes de economía y otras ciencias sociales*, México, D.F., Fondo de Cultura Económica.

Harris, Richard and Sollis, Robert (2003), «Applied time series modeling and forecasting», Wiley, Durham University.

Havskold, Monica (1998), *Extending the energy mix in a priori hydro dominated deregulated system. Focus on environmental aspects*, Norwegian Electricity Federation, Oslo, Norway.

Hennemeyer, Paul (1999), «Energy reform and privatization: Distilling the signal from the noise», in *IDB Book: «Can Privatization Deliver? Infrastructure for Latin America»*, IDB.

Hodgson, Geofrey (1988), *Economics and institutions: a manifiesto for as modern institutional economics*, Oxford, Polity Press.

Hvelplund, Frede (1999), «Danish energy policy at the turning point: renewable energy between innovative democracy and oligopolistic «liberalization», draft presented at the *Energy generation and environmental planning meeting*, April 19-21, Sacramento, CA.

Hvelplund, Frede (1999), «Energy planning, democracy and innovation: the Danish and East German example», paper presented to SUDESCA International Conference, February, Costa Rica.

________(1999:1), «*Danish energy policy at a turning point: Renewable energy between innovative democracy and oligopolistic "liberalisation"*», Denmark, Institute for Development and Planning, Aalborg University, April.

________and Leiner Vargas (1998), *Energy and environment: from neoclassical to an evolutionary systemic approach*, paper presented at the IAEE, November, Santiago, Chile.

Jiménez-Gómez, Roberto (2009), «Análisis del proceso de formulación de políticas para la reforma del sector eléctrico y su potencial incidencia en el marco institucional y la producción con fuentes renovables», tesis de la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica, SEP.

Jiménez, Roberto y Leiner Vargas (1999), «Impuestos a los combustibles fósiles para la generación de electricidad, en el marco del mercado eléctrico de Centroamérica», artículo presentado al Taller sobre Reformas al sector energía y el espacio para las fuentes renovables, CINPE-UNA, noviembre.

________(1998), «El mercado eléctrico centroamericano: consecuencias económicas, sociales y ambientales: diagnóstico para Costa Rica y Panamá, working paper, CINPE, presented at the Nicaragua Energy Workshop: Project, UNA-NHH, Bergen, Norway, February, 1999.

Johnson, B. (1992) *Interactive learning*, in Lundvall, B.A. (ed.) National Systems of Innovation, Pinter Publishers.

________and B. A. Lundvall (1992), «Closing the institutional gap», *Revue D'economie industrielle N° 59*.

Kemp, René (1995), «Environmental Policy and Technical Change: A Comparison of the Technological Impact of Policy Instruments», PhD. Thesis, Maastricht University, Maastricht, The Netherlands.

Kozloff, Keith (1997), «Electricity reform in developing countries: implication for renewable energy», REEP.

Lundvall, B. A. (1999), *Nation states, social capital and economic development–a system´s approach to knowledge creation and learning*, SUDESCA Conference, San José, Costa Rica.

________and Johnson (1992), «Closing the institutional gap», *Reveu D´economie Industrielle, N° 59*.

Miller, Alan and Adam Serchuk (1996), «Renewable energy in competitive electricity markets», REEP, June.

Poveda, Mentor (2004), «Competencia en mercados energéticos: una evaluación de la reestructuración de los mercados energéticos en América Latina y El Caribe», OLADE, ACDI, University of Calgary.

SIEPAC (1999), «Sistema de interconexión eléctrica de los países de América Central», *Informe de la Secretaria*, junio.

Sterling, Andrew (1999), «Rethinking risk», edited by Gail Vines, SPRU Energy Group.

Tomiak, Richard (1999), «Incentives and implication for competition in power purchase agreements in Central America», in *IDB Book: «Can Privatization Deliver? Infrastructure for Latin America»*, IDB.

Van Beek, Nicole (1999), «The status of renewable energy in the Dutch liberalizinc energy market. The case of new building sites in Brabant», paper presented at the workshop: *Reformas al sector energía y el espacio para las fuentes renovables*, CINPE-UNA, noviembre.

Vargas, Leiner (2010:1), «Estado o mercado, evolución institucional de las industrias de energía y telecomunicaciones en Costa Rica», documento de trabajo, Heredia, Costa Rica, CINPE-Universidad Nacional de Costa Rica (UNA).

________(2010:2), «Proyecto regulación, innovación y ambiente (REINA)», Heredia, Costa Rica, CINPE-Universidad Nacional de Costa Rica (UNA).

________(2009:1), «Modernización o mercado: un viejo debate en el sector eléctrico costarricense», *Ambientico*, Ciencias Ambientales, Universidad Nacional de Costa Rica (UNA), Heredia, Costa Rica.

________(2009:2), «Producir más energía; ¿cómo? ¿cuándo? y ¿cuánto?», *Revista Ambientales*, Universidad Nacional de Costa Rica (UNA), Heredia, Costa Rica.

________(2009:3), «Generación eléctrica privada en Costa Rica», *Revista Ambientico*, Universidad Nacional de Costa Rica (UNA), Heredia, Costa Rica.

________(2008), «Energía limpia, competitividad sostenible y democracia», *Revista Ambientico*, Universidad Nacional de Costa Rica (UNA), Heredia, Costa Rica.

Vargas, Leiner (2002), «Competitiveness, innovation and democracy: Space for clean energy within electricity reforms», PH.D. Thesis, Aalborg University, Denmark.

________(1999), «The political economy of market electricity reforms in Costa Rica», *IKE Working paper*, Aalborg University, Denmark.

________(1999b), *The cluster of renewable energy in Costa Rica, the cases of Hydro, Windmill and photovoltaic development process*, Working paper in progress», Aalborg University, IKE Group, Denmark.

Anexos

Cuadro V.4.A.1.

Centroamérica: oferta de energía renovable, 1990–2009

Año	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua	Panamá	Centroamérica
1990	6 627,1	10 782,6	5 402,9	10 891,3	8 035,8	4 245,9	45 985,6
1991	6 691,1	10 838,0	5 896,9	10 942,1	8 207,5	4 153,5	46 729,0
1992	6 016,8	11 290,0	6 022,8	10 886,8	7 999,5	4 427,6	46 643,4
1993	4 805,8	11 112,0	6 105,2	10 951,4	8 045,7	4 705,8	45 725,9
1994	5 912,3	10 856,6	6 338,4	11 020,1	8 005,9	4 690,8	46 824,0
1995	6 946,3	11 394,0	6 874,1	10 891,1	8 205,7	4 324,7	48 635,9
1996	6 702,0	11 947,6	7 118,0	10 962,4	8 541,7	5 967,7	51 239,4
1997	7 495,6	11 837,5	7 854,1	11 738,1	9 010,2	4 964,3	52 899,8
1998	7 470,5	11 904,8	8 121,0	12 113,5	8 595,8	4 919,3	53 124,9
1999	8 385,7	12 825,3	9 176,7	9 092,3	8 307,0	5 025,9	52 812,9
2000	9 857,8	13 354,4	9 284,4	10 353,1	8 439,4	5 278,1	56 567,2
2001	9 622,4	14 240,2	9 375,9	10 126,9	7 912,9	6 541,3	57 819,5
2002	10 481,6	14 473,4	8 894,2	10 428,0	8 409.8	6 538,9	59 225,9
2003	11 061,1	14 995,5	9 203,2	11 114,3	8 544,7	6 003,3	60 922,1
2004	15 686,0	15 107,7	9 628,6	11 436,7	8 570,0	6 431,4	66 860,3
2005	11 383,3	16 703,1	8 442,2	12 284,6	8 814,1	6 488,8	64 116,0
2006	15 607,8	18 180,4	8 948,6	13 599,6	8 520,3	5 204,6	70 061,3
2007	16 495,9	16 338,3	10 289,4	14 965,4	9 056,5	5 910,0	73 055,7
2008	17 470,0	17 516,9	10 430,4	14 959,8	9 008,3	5 867,5	75 253,0
2009	17 201,3	15 646,6	14 822,5	14 936,7	9 025,4	5 565,1	77 097,6

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la CEPAL.

Cuadro V.4.A.2.
Centroamérica: oferta de energía no renovable, 1990–2009

Año	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua	Panamá	Centroamérica
1990	6 937,2	6 546,0	27 341,3	6 569,9	5 306,5	6 383,5	59 084,3
1991	7 881,3	8 141,7	28 897,0	6 620,1	5 437,6	7 396,1	64 373,8
1992	9 535,6	8 716,5	31 003,9	7 509,2	6 025,2	8 743,3	71 533,6
1993	9 559,5	9 594,5	31 316,1	7 730,5	21 426,4	21 426,4	101 053,3
1994	10 637,0	11 343,4	32 514,1	8 588,9	6 461,0	9 505,0	79 049,4
1995	11 563,3	12 373,9	34 232,7	9 620,7	6 997,9	9 849,2	84 637,8
1996	10 760,8	11 105,8	33 991,5	9 501,4	7 297,5	10 219,7	82 876,8
1997	10 789,7	13 234,7	36 578,8	10 205,4	7 722,5	10 929,0	89 460,1
1998	11 227,3	14 080,9	39 094,1	11 833,9	8 668,1	13 677,9	98 582,2
1999	13 100,6	14 008,7	42 709,8	12 193,2	9 299,8	12 861,5	104 173,6
2000	11 804,4	14 489,6	44 256,2	11 826,1	9 442,5	12 948,7	104 767,5
2001	11 088,2	14 840,3	45 745,5	13 649,9	9 810,7	19 114,1	114 246,6
2002	12 320,6	14 051,1	46 440,8	14 460,4	9 848,4	16 470,0	113 591,3
2003	13 067,0	15 499,8	49 632,3	15 835,2	10 266,1	15 567,4	119 867,8
2004	14 203,0	15 259,2	49 624,3	17 511,2	10 509,2	17 959,9	125 066,8
2005	15 479,2	15 954,7	50 827,6	17 646,8	10 680,1	16 341,1	126 929,5
2006	16 313,9	15 675,8	52 524,1	15 916,6	11 091,8	21 812,9	133 335,0
2007	17 822,5	16 391,6	53 627,3	19 708,5	11 386,5	23 877,4	142 813,7
2008	17 805,1	16 959,0	51 315,8	19 523,1	10 589,0	18 134,4	134 326,5
2009	17 479,9	15 896,9	59 533,1	17 891.0	11 725,2	20 688,4	143 214,5

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la CEPAL.



Módulo 6

El sector energético: caracterización, diagnóstico y política

Artículo VI.1
Caracterización del sector energético en Centroamérica: un enfoque social, ambiental y económico

Pablo Roberto Blanco López *
Comisión Técnica Sectorial de Energía
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Guatemala)

Resumen ejecutivo

En Centroamérica existe una relación muy estrecha entre el consumo de energía y el desempeño económico. La reciente crisis a nivel mundial provocó una disminución del consumo energético en algunos países de la región. Este ensayo busca reflejar los retos y desafíos en materia energética que tiene Centroamérica. Con una elevada dependencia de los hidrocarburos, Centroamérica debe conciliar sus necesidades de crecimiento económico con el uso intensivo de recursos renovables y no renovables. En el ensayo se realiza un análisis y caracterización objetiva de los recursos fósiles y renovables que contribuyen a la generación y consumo de energía en Centroamérica. Por ejemplo, de los energéticos fósiles, el carbón es el más abundante, el que se encuentra geográficamente en la mayor parte de lugares a nivel mundial y el menos costoso. Por su parte el gas natural es un energético con grandes ventajas ambientales. Hemos visto que desde 1970, este energético aumenta cada vez más su participación en las matrices energéticas de los países y compite directamente en la producción de energía con el carbón. Por el lado de las fuentes renovables, esta energía es la que se deriva de procesos naturales que se reponen constantemente. El potencial hidroeléctrico de la región es envidiable y representa una oportunidad de energía limpia. Finalmente recorriendo los diferentes energéticos, el ensayo reúne información de mercado muy valiosa para entender el desafío ambiental, social y económico al que se enfrenta la región aunada a una situación de relativa abundancia del petróleo pero con una demanda deprimida.

A. Introducción

La energía constituye un elemento esencial para la calidad de vida del ser humano y es un insumo de alta difusión en el conjunto de todas las actividades productivas. Así, la disponibilidad de energía ha tenido un papel central en el proceso de desarrollo de la humanidad. Además, las grandes revoluciones tecnológicas, que afectaron las actividades de producción y consumo, han estado estrechamente ligadas a la sustitución de fuentes energéticas primarias. Por otra parte, la producción y el consumo de energía tienen también fuertes interacciones con el medio ambiente natural. El uso de los combustibles fósiles conduce a un progresivo agotamiento de las reservas correspondientes. El manejo inadecuado de algunos recursos energéticos renovables (biomasa, hidráulicos) puede implicar su degradación con la consiguiente disminución de su disponibilidad futura. Estadísticas de la Agencia Internacional de Energía (AIE) y del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) muestran que hay una relación entre el consumo de energías modernas y el índice de desarrollo humano. Se ha demostrado que los países que se desarrollan a través del tiempo lo hacen a la par de mejoras en energía, es decir, para lograr reducciones significativas de pobreza, es necesario incrementar masivamente el uso y la eficiencia de la energía moderna (PNUD, 2005).

* Contacto: Tel. (502) 4052-0402 y 2261-4280 ● C.E.: prblanco.lopez@gmail.com.

Este ensayo busca realizar una caracterización del sector energético en Centroamérica tomando como base el análisis de las tres dimensiones de la sostenibilidad: economía, sociedad y medio ambiente. Temas como la conflictividad social, los costos de la generación, las emisiones de CO_2 y otros temas relevantes se abordarán en este ensayo. Se busca también visualizar un equilibrio en el mediano plazo con respecto a seguir utilizando las energías que se derivan del petróleo en comparación con las energías limpias en la región. Finalmente el ensayo nos conduce a ciertas reflexiones que permitan inferir que Centroamérica continuara siendo afectada por los altos precios del petróleo y de esta manera contraerá fuertemente sus opciones de desarrollo y de reducción de las desigualdades sociales.

B. Entorno global de la energía

Durante los últimos años el sector energético ha estado sometido a presiones transformadoras muy fuertes a escala mundial. Temas como la administración de retos ambientales, aseguramiento de fuentes de suministro, administración de fuerzas regulatorias, generación de ingresos con rentabilidad, son solo algunos. Hoy, tanto en el ámbito público como privado, este sector se enfrenta a grandes retos de carácter global. Por ejemplo, de los energéticos fósiles (petróleo y carbón), este último es el más abundante, el que se encuentra geográficamente en la mayor parte de lugares a nivel mundial y el menos costoso. Sin embargo, el carbón es el energético más contaminante y responsable de las emisiones de CO_2 en el mundo. De acuerdo con el Instituto Francés del Petróleo (IFP), el consumo mundial de carbón ha tenido un aumento del 37% entre 2000 y 2008. China e India son los principales demandantes. La demanda mundial de bienes y servicios y el comercio mundial del carbón van de la mano. Sin embargo, a escala global, es incierta la evolución del carbón dentro de las matrices energéticas debido a una regulación ambiental cada vez más estricta y sobre todo con la tendencia a reducir la diferencia con el precio del gas. Por su parte, el precio del carbón sigue siendo más barato comparado con otros energéticos fósiles, aunque el carbón ha perdido su competitividad frente al gas.

Por otra parte, el gas es un energético con grandes ventajas ambientales. Desde la década de 1970, el gas ha aumentado proporcionalmente su participación en las matrices energéticas de los países y compite directamente en la producción de energía con el carbón. La dimensión geoestratégica del gas es cada vez más importante. Se traduce en asegurar el abastecimiento y en el transporte del energético. Adicionalmente, su característica lo convierte en un energético no renovable y sus reservas están concentradas en determinadas zonas geográficas a nivel global. Actualmente 2/3 de las reservas de gas natural se encuentran concentradas en Rusia y en el medio oriente (Irán y Qatar). Los escenarios de la Agencia Internacional de la Energía (AIE) nos indican que para 2020 la Unión Europea producirá únicamente una tercera parte de sus necesidades de gas y que a partir de 2030 será importadora neta en un 80%. Finalmente el petróleo, siendo el energético más importante, tendrá inevitablemente un declive cuando las reservas comiencen a agotarse. Sin embargo, la noción de reservas es compleja y fluctuante. Es evidente que la crisis financiera mundial ha afectado directamente al sector petrolero, debido a una desaceleración de la demanda. Por otra parte, un resultado palpable de esta coyuntura es la actual falta de liquidez en los mercados financieros, la cual perjudica la capacidad del sector. Esa falta de liquidez se traduce en la obligación de las empresas para refinanciar sus obligaciones pero también en llegar a limite y vender sus activos. Para comprender la evolución del precio del petróleo es indispensable analizar los mercados financieros. La especulación juega un papel importante en el sector petrolero.

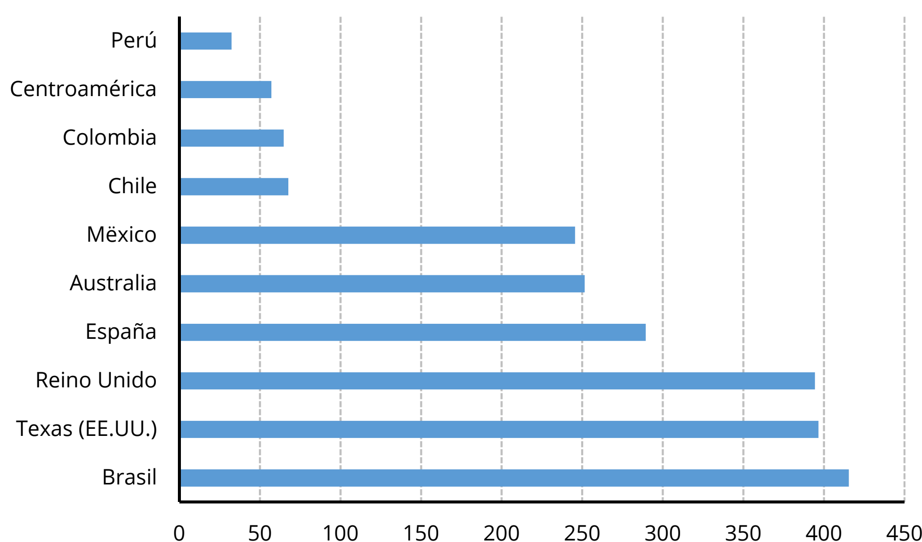
En el mercado bursátil, la especulación responde al sentido común de tomar acciones anticipadas al alza o a la baja, en función de las expectativas de mercado. Podemos distinguir entonces que la especulación no impone un precio artificial, más bien un precio de equilibrio justificado por las condiciones y variables de oferta y demanda.

C. Análisis del sector energético en Centroamérica

La matriz energética de Centroamérica ha evolucionado adquiriendo una fuerte dependencia de los combustibles fósiles, una situación que ha venido empeorando en los últimos 20 años. En la década de 1980, el 75% de la electricidad que se generaba en Centroamérica era con fuentes renovables (principalmente hidroelectricidad). En la actualidad, esa cifra ha bajado al 50%.

A escala regional, Costa Rica ha impulsado la generación de energía renovable y el resto de países con menor intensidad; la región en su conjunto ha aumentado su capacidad instalada mediante la construcción de plantas eléctricas, alimentadas por combustibles fósiles importados. Actualmente la factura petrolera de Centroamérica supera ya el 7% del PIB regional, de acuerdo con documentos del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA), con base en estadísticas de la CEPAL. La factura petrolera de la región creció de 3.000 millones de dólares en 2000 a 11.000 millones de dólares en 2008 (un crecimiento de 280%). Por otra parte, el potencial de la región en el desarrollo y generación de proyectos de energía renovable se estima en unos 31.000 megavatios. De acuerdo con BUN-CA este potencial se encuentra concentrado en generación hidráulica (60%), seguido por la energía eólica (30%) y la geotermia (9%). En el gráfico VI.1.1 se puede observar el contexto de Centroamérica a nivel de su demanda de electricidad, con relación a otros países.

Gráfico VI.1.1
Centroamérica y países seleccionados: demanda de electricidad, 2006
(En GWh)



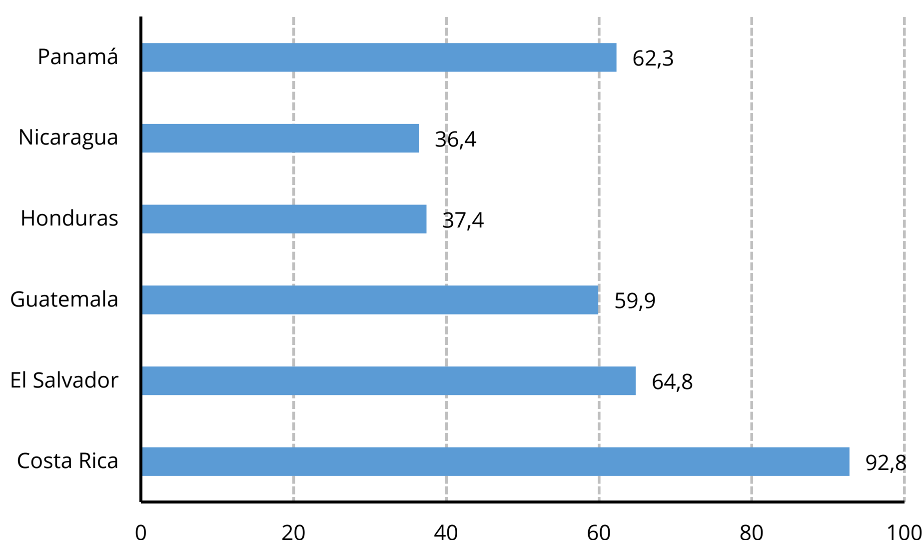
Fuente: Elaboración propia.

También se puede observar en el gráfico VI.1.2 la participación de las fuentes renovables en la generación eléctrica en Centroamérica hacia 2009. Costa Rica se posiciona en el primer lugar, ya que su parque generador está compuesto en un 93% de fuentes renovables. Nicaragua y Honduras se

encuentran en una situación comprometida debido a su alta dependencia de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica.

Cabe destacar que en los últimos tres años se han conjugado dos eventos que difícilmente ocurren al mismo tiempo y que impactaron, de forma directa, el sector energético centroamericano. El primero es la explosión de la burbuja hipotecaria en los Estados Unidos, a mediados de 2007, lo cual evolucionó hacia una crisis financiera de orden mundial.

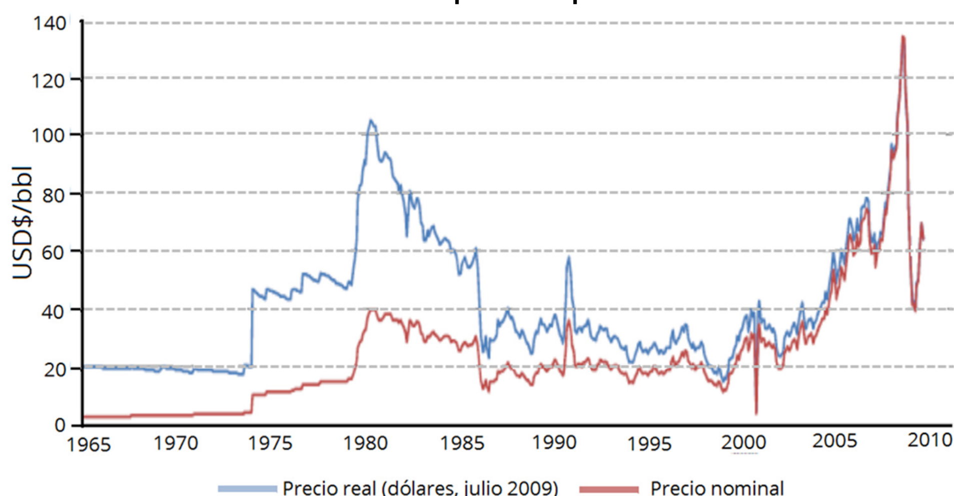
Gráfico VI.1.2
Centroamérica: generación de energía con fuentes renovables, 2009
(En porcentajes)



Fuente: CEPAL (2009).

Los efectos de dicha crisis financiera han tenido un fuerte impacto en la economía centroamericana, manifestándose en una contracción en el crecimiento económico y en una reducción en el consumo de energía (algunos países más afectados que otros). El segundo evento es la impresionante escalada de los precios del petróleo en los últimos tres años, tomando como referencia el precio del barril de crudo en enero de 2007, que se situaba en $54,17 dólares, y que alcanzó la cifra récord de $134,02 dólares en junio de 2008. Cabe destacar que la reciente crisis de Libia (febrero de 2011) disparó el precio del petróleo Brent, superando los 110 dólares por barril (véase el gráfico VI.1.3). El comportamiento del mercado petrolero representa un reto para cualquier economía de mundo, pero mucho más para aquellas que no tienen hidrocarburos y dependen de esta fuente energética, como es el caso de Centroamérica. A continuación, veremos una caracterización del sector energético de cada país de Centroamérica y posteriormente haremos un análisis de esta caracterización desde un enfoque social, ambiental y económico.

Gráfico VI.1.3
Evolución del precio del petróleo



Fuente: Agencia Internacional de la Energía (AIE).

1. El Salvador

En El Salvador existe la Ley General de Electricidad de 1996, que reformó la estructura del sector para operar en un mercado libre, innovando en Centroamérica. La Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET), creada en 1996, tiene como función regular las actividades del sector. Por su parte, el Mercado mayorista de Electricidad tiene dos componentes, el mercado de contratos, compuesto por el despacho programado entre oferentes y demandantes y, además, las transacciones libres que no tienen obligación de informar las condiciones financieras. La matriz energética de El Salvador para 2010 consume un 54% de la energía procedente de combustibles fósiles, un 24,5% de energía hidroeléctrica y el 21,5% restante, es suministrada mediante energía geotérmica de origen volcánico. Son cinco las Empresas de Generación que operan en El Salvador. Estas pueden celebrar contratos de suministro libremente pactados, con distribuidores y cualquier usuario. La antigua empresa estatal verticalmente integrada, la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL), conservó la generación hidroeléctrica, mientras que separó las dos centrales geotérmicas en una empresa estatal denominada LAGEO, que a partir de 2002 es de economía mixta, a través de una participación accionaria de la ENEL de Italia. Por otra parte, la Política Nacional de Energía del Salvador, de acuerdo con el plan Quinquenal de Desarrollo 2010–2014, definió la ampliación y transformación de la matriz energética mediante el impulso de las fuentes renovables de energía (hidráulica, geotérmica, solar, eólica y la proveniente de la biomasa).

El país busca también energía proveniente del gas natural. En ese sentido el proyecto que actualmente está en marcha es el de la empresa Cutuco Energy, de capital estadounidense. Esta planta, de generación de ciclo binario basado en gas natural licuado (GNL), inyectará unos 525 megavatios adicionales al sistema eléctrico, lo cual equivale a cerca de la mitad de la demanda actual del país, con posibilidad de exportar al resto de países de la región. En El Salvador se ha creado recientemente el Consejo Nacional de Energía (CNE), órgano facultado para orientar las estrategias energéticas que contribuyan al desarrollo socio-económico del país, en armonía con el medio ambiente. De acuerdo con cifras de la CEPAL, en 2007 el país ocupaba la tercera posición, si se le mide a través de la participación del sector transporte en los consumos finales de energía. Esta participación es del 51%. El Salvador tiene los niveles más altos de cobertura eléctrica, con un 95%, junto con Costa Rica y Panamá.

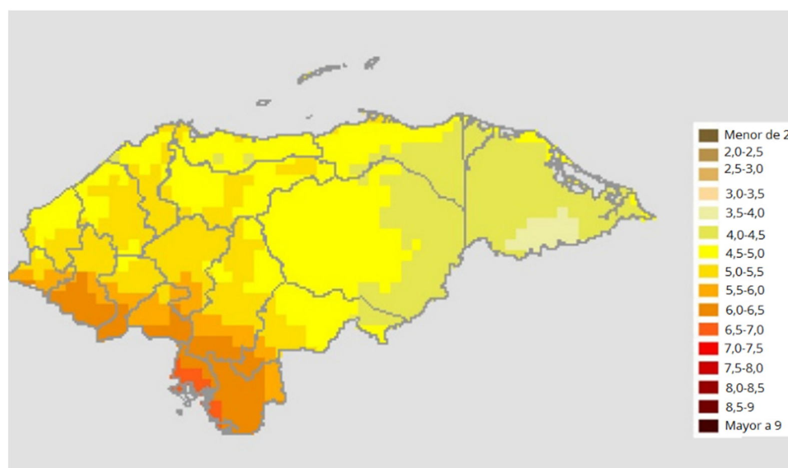
2. Honduras

Actualmente en Honduras la matriz de generación de energía está dominada por las plantas térmicas, que suponen el 70% del total, mientras que el sector renovable apenas genera el 30% del total. El país consume anualmente unos cinco millones de barriles de petróleo. De acuerdo con el Banco Central de Honduras (BCH), el país registró en 2008 la importación de combustible más alta en la historia, con 1.897,3 millones de dólares, cantidad equivalente al 12% del PIB.

El territorio hondureño cuenta con una topografía muy apta para la construcción de diversos proyectos de energía renovable. El país tiene una cobertura del servicio eléctrico del 77% (2008); actualmente existen cerca de 2,2 millones de hondureños sin acceso a la electricidad, la mayor parte de ellos en el área rural, donde la cobertura sólo llega al 35%. La Estrategia de Reducción de la Pobreza establece como meta alcanzar el 80% de cobertura en 2015, para lo que se requeriría de una inversión total estimada de 417 millones de dólares en el período 2005–2015[147].

En promedio, esto significará un monto de inversión anual superior a los 41 millones de dólares, muy superior a los 5,6 millones de dólares que se invirtieron en promedio cada año del período 1995–2003. Por otra parte, el potencial de energía solar de Honduras puede verse reflejado en el mapa VI.1.1. Y aunque el recurso está disponible, el equipo requerido para su aprovechamiento tiene un costo muy alto. Es muy utilizado para aplicaciones de alumbrado, pequeños electrodomésticos y bombeo.

Mapa VI.1.1
Honduras: radiación solar normal directa anual
(kWh/m²/día)



Fuente: Solar and Wind Energy Resource Assessment (SWERA).

De acuerdo con información de la Asociación Hondureña de Pequeños Productores de Energía (AHPPER) se estarían desarrollando un total de 52 proyectos de energía renovable entre 2010 y 2016. Se espera que en un plazo de 36 meses comiencen a operar las hidroeléctricas que generarán 250 megavatios, su energía se venderá a un precio promedio de 10 centavos de dólar por kilovatio/hora. Tras la firma de los contratos, los generadores esperan crear más de 50.000 empleos durante los próximos seis años en más de 30 municipios del país. De acuerdo con estudios de la AHPPER, se estima que el país tiene un potencial de 5.000 megavatios en energía renovable y en los últimos cinco años sólo se han instalado plantas que generan unos 90 megavatios.

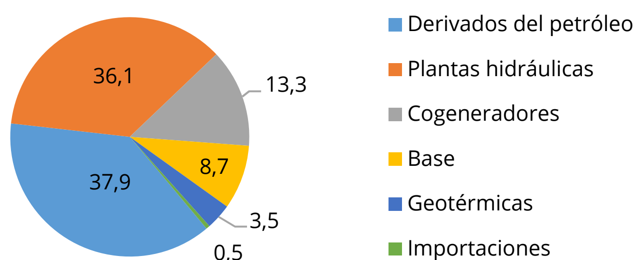
---

[147] Fuente: Oficina de Electrificación Social de la ENEE.

3. Guatemala

En Guatemala, la generación de electricidad depende en un 46% del petróleo (bunker). Únicamente el 37,6% del total de la energía eléctrica es producida por hidroeléctricas, restando competitividad al país derivado de los altos precio del petróleo. De acuerdo con la política energética del Ministerio de Energía y Minas para 2013 se estaría produciendo el 48% de la energía con recursos renovables. El país ha puesto en marcha un prometedor Plan de Expansión del Sistema de Transporte (PET), para acercar los proyectos de generación a los centros de consumo. El PET contempla la construcción de 845 kilómetros de líneas de transmisión, en cinco anillos y 12 subestaciones.

Gráfico VI.1.4
Guatemala: matriz energética, 2009
(En porcentajes)



Fuente: CNEE.

A nivel regional, el país finalmente logró la interconexión eléctrica Guatemala-México a fines de 2009, beneficiándose de una red de hasta 400 MW. Guatemala es un país que ha tenido una evolución exitosa en sus procesos de electrificación rural a nivel de cobertura. El Programa de Electrificación Rural (PER) tuvo como en el período 1999-2008 aumentar la cobertura de electrificación del 67% a 85%. Este esfuerzo fue una realidad gracias a los fondos provenientes de un fideicomiso producto de la venta de las empresas de distribución estatales como resultado del proceso desincorporación de activos del subsector eléctrico guatemalteco en 1996. Sin embargo el reto permanece en llevar electricidad a un 15% de la población.

Existe en el país una fuerte relación entre el consumo de energía en el sector transportes y los indicadores macroeconómicos. La participación del sector transporte en los consumos finales de energía en Guatemala para 2007 fue del 60% (la más elevada de Centroamérica). Sabemos que a nivel global hay una estrecha relación entre el consumo de energía eléctrica y el ingreso por habitante. Con datos de la Agencia Internacional de Energía (AIE) vemos que para 2009 el ser humano promedio consumió 53 kWh a la semana, mientras que el guatemalteco consumió solamente 11 kWh.

Este es un signo claro de la baja productividad de Guatemala. Pero la conclusión más desafiante se traduce en desarrollar el potencial energético de Guatemala, es decir diversificar la matriz energética del país buscando fuentes más limpias y más baratas.

En el sector de hidrocarburos, Guatemala produce actualmente 13.500 barriles diarios de crudo. Por otra parte el comportamiento y evolución del precio de los combustibles siempre ha sido un tema que acapara titulares, aunque poco se ha mencionado sobre el consumo de los combustibles por parte de los guatemaltecos. La siguiente información nos refleja la importancia de saber monitorear las tendencias de consumo de combustibles en Guatemala. De acuerdo con datos del

Ministerio de Energía y Minas, el consumo de combustibles aumentó en el período 2005–2009 un 18% para la gasolina superior y regular, y 8% para el combustible diésel. Por su parte el parque vehicular tuvo el siguiente comportamiento:

a) los vehículos de gasolina aumentaron en un 80% (unidades en circulación).

b) los vehículos a diésel tuvieron un incremento de 65% (unidades en circulación).

El consumo de gasolina (súper o regular) por vehículo en 2005 fue de 7,8 barriles al año —cada barril es de 42 galones, por lo que fue un consumo de 327 galones/año. Mientras que para 2009 fue de 5,14 barriles/año, es decir, se registró una disminución en el consumo por vehículo del 34% (véase el cuadro VI.1.1), esto se explica por la explosión en la cantidad de motocicletas en circulación, las cuales casi triplicaron su cantidad para el mismo período.

Cuadro VI.1.1
Consumo de gasolina regular por vehículo
(En barriles al año)

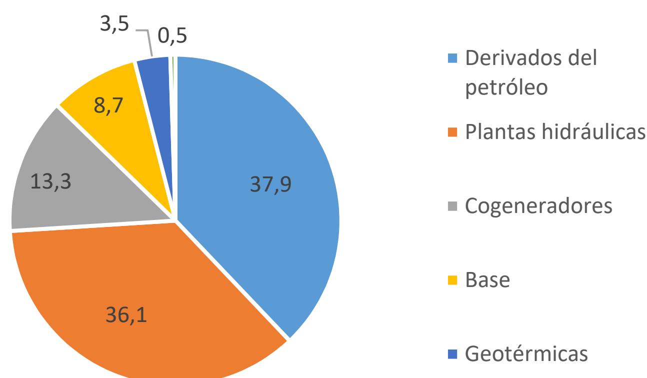
Concepto	2005	2006	2007	2008	2009
Vehículos a gasolina	7 816,5	6 730,4	5 877,7	5 058,6	5 143,3
Vehículos a diésel	52 812,7	44 824,5	40 862,2	32 385,4	34 783,9

Fuente: Elaboración propia.

4. Costa Rica

En el caso de Costa Rica los efectos inmediatos de la crisis económica y financiera de 2009 trajeron como consecuencia una baja en la demanda energética ese año. En cuanto a los patrones de consumo, el sector transporte abarca la gran mayoría de la demanda, especialmente en gasolinas y diésel. El energético más consumido en el país es el diésel que en los mercados internacionales se ha vuelto más caro, por cuanto, ahora es más demandado por el transporte (mayor eficiencia de los motores que lo utilizan), en generación eléctrica y en calefacción. La electricidad de corte residencial se ha mantenido más o menos constante, pero se ha dado un fuerte incremento en los sectores comercial e industrial, pese a la contracción económica sufrida en los últimos dos años.

Gráfico VI.1.5
Costa Rica: consumo final de energía, 2009
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia.

La generación eléctrica en el país es relativamente poco contaminante, ya que la mayoría se genera con fuentes renovables como la hidroelectricidad (que es el recurso más abundante y más desarrollado). Sin embargo, este esquema puede estar en riesgo derivado de una legislación que no responde a la coyuntura actual y cada vez hay mayores obstáculos para la ejecución de los proyectos. Recientemente, el país se ha acercado a escenarios de vulnerabilidad debido a la falta de inversión durante el período 2000–2005 que condujo al límite la capacidad instalada para atender el consumo. En 2007, Costa Rica se vio afectada por el fenómeno del cambio climático «La Niña», experimentando una contracción de la generación de sus fuentes renovables.

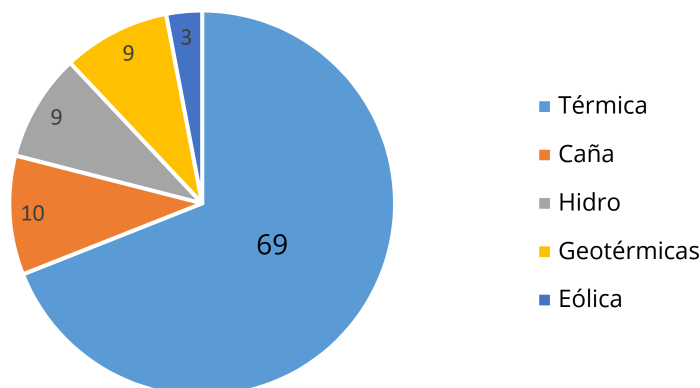
Por otra parte, Costa Rica es fundamentalmente un país importador neto de energía, por cuanto, la mayor parte de la demanda compuesta de hidrocarburos es traída de diversos países tanto en la forma de crudo como de derivados de petróleo. Vemos con claridad que Costa Rica es un país con un patrón de producción que se orienta hacia un autoabastecimiento en materia eléctrica y a una dependencia externa en el campo petrolero. Adicionalmente Costa Rica tiene una utilización muy grande de electricidad para cocción y una proporción de automóviles por habitante de las mayores de América Latina. Finalmente, en lo que respecta a la producción de energía, el ICE (Instituto Costarricense de Electricidad) pasó de 6.631 GWh en 2006 a 6.857 GWh en 2009. En promedio, durante el período 2006–2010, el 93% de la generación provino de fuentes limpias.

5. Nicaragua

En Nicaragua, la Ley de la Industria Eléctrica rige el subsector eléctrico. El ente responsable de la regulación, incluyendo la fijación de tarifas, es el Instituto Nicaragüense de Energía (INE). La política y planificación son responsabilidad de la Comisión Nacional de Energía (CNE) y el INE aplica las políticas energéticas así definidas.

Por otra parte, Nicaragua es el país con el menor consumo de energía de la región y con la menor cobertura. Datos de la CEPAL nos indican que el nivel de electrificación es del orden de 64,5% para 2009. La generación térmica concentra el 69% de la generación. Eso convierte a Nicaragua en el país más vulnerable en lo que se refiere a choques externos derivado de un aumento en el precio del petróleo.

Gráfico VI.1.6
Nicaragua: generación por tipo de fuente de energía, 2009



Fuente: (INE) Instituto Nicaragüense de Energía.

Estos impactos afectan directamente la generación de energía y sus costos. Sin embargo, cabe destacar que la participación del sector transporte en los consumos finales de energía asciende a 35%, un indicador moderado tomando en cuenta que sus vecinos tienen participación arriba del 50%. Este indicador nos refleja que el crecimiento del producto en Nicaragua es muy bajo.

En otro orden de ideas, vemos que dos de las centrales de generación de ENEL fueron privatizadas, la geotérmica Momotombo comprada por ORMAT en junio 1999 y la Generadora Eléctrica Occidental adquirida por *Coastal Power*, subsidiaria de El Paso Energy Corporation, en febrero 2002. El gobierno creó la Empresa Nacional de Transmisión Eléctrica (ENTRESA) responsable del sistema nacional de transmisión y de los enlaces internacionales. El Centro Nacional de Despacho de Carga es responsable de la administración del Mercado Eléctrico de Nicaragua y de la operación del sistema eléctrico. Actualmente la generación eléctrica se concentra en un 30% en empresas públicas y un 70% en empresas privadas (incluyendo el sistema interconectado nacional y los sistemas aislados).

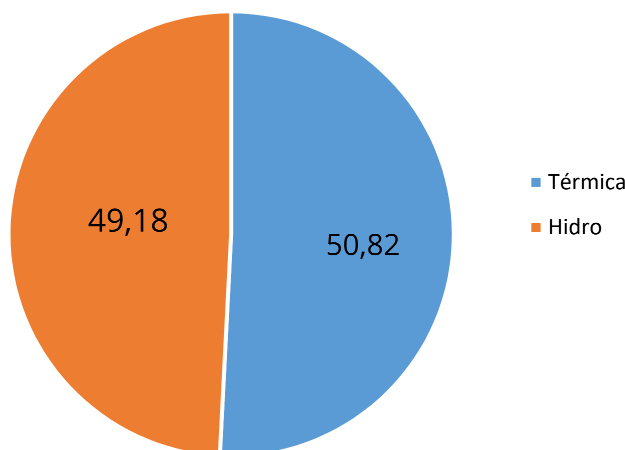
6. Panamá

En Panamá el sector energético toma como base 1996 a través de la creación del ente regulador. La supervisión del sector eléctrico está a cargo del ente Regulador de los Servicios Públicos.

Por otra parte la estructura del sector se divide por empresas diferentes dedicadas a la producción, transmisión y distribución de electricidad, con restricciones para que los generadores se dediquen a la distribución, o viceversa. Existen cuatro centrales de generación que fueron privatizadas parcialmente: Fortuna, con 25% por El Paso *Energy* y 16,3% por HydroQuebec; Chiriquí, 49% por AES; Bayano, 49% AES; y, Bahía Las Minas, 51% por Enron ahora manejada por Prisma *Energy*.

El gráfico VI.2.7 muestra la capacidad instalada, la cual asciende a 1,778 MW. Panamá tiene una cobertura eléctrica de 88%.

Gráfico VI.1.7
Panamá: capacidad instalada por tipo de planta, 2009



Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas (Panamá).

Es importante destacar que en la matriz de generación del país, se prevé la entrada al mercado para 2014 de 573 (MW) en plantas eléctricas, 150 MW en energía eólica, 2,5 MW en energía solar, 200 MW en base a gas licuado y 24 MW en energía geotérmica. También se contempla que Panamá cuente con 900 MW adicionales provenientes de las interconexiones con Colombia y Centroamérica. Una razón importante de esta reciente evolución del sector eléctrico panameño es el fuerte crecimiento de la demanda la cual en los últimos cinco años se ha mantenido en el orden del 5%, aunado a un crecimiento económico del PIB del orden del 7% en promedio.

El ritmo de la demanda energética de Panamá se asemeja a los de China (5,7%) e India (4,8%) de acuerdo con un reciente estudio de la firma *Booz&co*. Por su parte, la interconexión eléctrica con Colombia se realizara mediante una línea de transmisión de 600 kilómetros en corriente directa a alto voltaje (340 Km con Colombia y 274 Km con Panamá. La estrategia de Panamá es traer energía de Colombia y mandarla a Centroamérica y cobrar el peaje. Cabe destacar que todas estas líneas llevan un componente de fibra óptica que permitirá el trasiego de las comunicaciones.

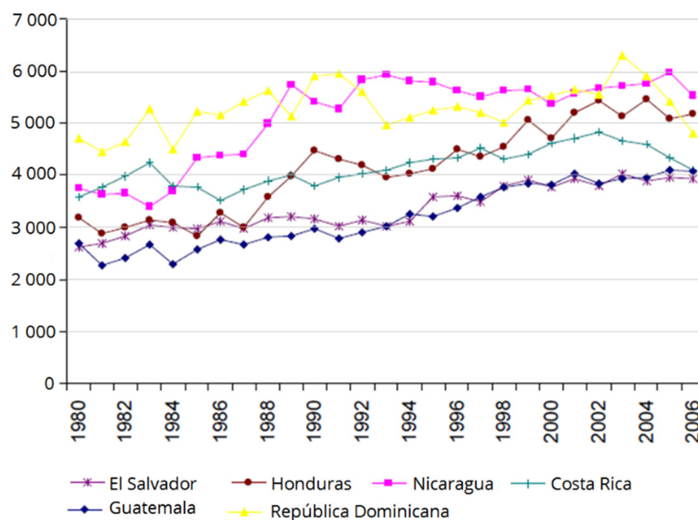
D. Enfoque económico

Centroamérica representa un mercado energético de 40 millones de personas, más de 30% de ellas, ubicadas principalmente en las zonas rurales, que no tiene acceso al sistema nacional interconectado. Por otra parte, variables como el precio del petróleo, los costos de la generación, las tarifas eléctricas para el usuario final figuran como determinantes para el crecimiento económico y el desarrollo en Centroamérica. Los grandes retos que se debe plantear la región se resumen de la siguiente manera:

a) garantizar la seguridad del abastecimiento energético;
b) lograr el acceso a la energía (electrificación rural). En Guatemala hay cerca de medio millón de hogares sin acceso a electricidad, y
c) contrarrestar la vulnerabilidad de los países ante los cambios en el precio del petróleo.

Por su parte, la factura petrolera de Centroamérica en 2009 alcanzó los 7.467,6 millones de dólares, con el respectivo impacto en la balanza comercial de los países. Es evidente que esta información nos conduce a analizar de qué manera la intensidad energética, se convierte en un indicador clave para medir la eficiencia en el uso de la energía en Centroamérica (véase el gráfico VI.1.8).

Gráfico VI.1.8
Centroamérica: intensidad energética, 1980-2006



Fuente: Rivera, L., con base en datos de la Agencia Internacional de Energía.

Este gráfico debe entenderse como el resultado de una combinación de factores, que sin duda incluyen las acciones llevadas a cabo por los gobiernos nacionales, pero también por aquellas llevadas a cabo de manera independiente por individuos y empresas en respuesta al aumento de los precios de la energía, la intensidad energética de la región ha mostrado una tendencia de disminución entre 1995 y 2008, particularmente en la última década. La eficiencia energética ha probado ser una estrategia de costo-beneficio para desarrollar economías, sin incrementar el consumo de energía. Gráficamente se refleja por un aumento del consumo de la energía para producir una unidad de PIB. En resumen, la región no ha sido eficiente en el consumo de la energía. La intensidad energética se define como consumo total de energía (en miles de barriles equivalentes de petróleo) por millón de dólares de PIB (a precios constantes, en este caso de 2000).

A partir de este análisis vemos que Centroamérica será más competitiva en la medida en que aumente su eficiencia energética; es decir, en la medida en que los consumos de energía por unidad de producto producido o de servicio prestado sean cada vez menores. Esto es lo que está sucediendo en todos los países desarrollados y en particular en el sector industrial. Sin embargo, en los sectores del transporte y de los edificios, incluyendo los hogares, la situación es diferente, al no aumentar la eficiencia energética como sería deseable.

Sin embargo, el contexto de la región nos obliga a tomar en cuenta el análisis de riesgo país. Vemos que la calificación de riesgo de todos los países de la región está por debajo de «grado de inversión» (véase el cuadro VI.1.2).

Cuadro VI.1.2
Países seleccionados: calificación de riesgo

País	Calificación S&P
Guatemala	BB
El Salvador	BB
Honduras	B
Nicaragua	N/A

Fuente: S&P, 2010.

Es importante valorar este análisis a partir de las características sociales, económicas y políticas de cada país. Guatemala sigue siendo la economía más grande Centroamérica y con la mayor población, aunque no recibe Inversión Extranjera Directa (IED) en mayor proporción que Costa Rica y Panamá. Estos países, con una menor población y mejor clima de negocios, son los beneficiados con la IED que llega a Centroamérica. Para poder entender la dimensión económica del sector energético es importante destacar y evaluar las capacidades de cada país en los siguientes aspectos:

a) red eléctrica;
b) puertos y carreteras;
c) almacenamiento de combustible;
d) telecomunicaciones;
e) fortaleza del mercado financiero;
f) calidad de la mano de obra, y
g) regulación estable y amigable a la inversión.

Finalmente vemos que la infraestructura centroamericana para el sector energético es medianamente aceptable, aunque algunos de los países no cuentan con infraestructura de comunicaciones (puertos y carreteras) del lado del litoral Atlántico, donde los combustibles fósiles

son más baratos. Por otra parte, no existen sistemas eficientes de transporte de combustibles (gasoductos, oleoductos y ferrocarriles). Cabe destacar que las redes eléctricas nacionales tienen algunas limitaciones, principalmente para poder instalar proyectos de generación de escala regional.

Asimismo, es importante fortalecer las redes de transporte nacionales. Guatemala se encuentra liderando en la región a través de los planes de expansión del sistema de transmisión que recientemente la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE) acaba de otorgar. Por su parte, todos los países deben fortalecer sus sistemas de administración de justicia. Para un inversionista, es de mucho valor que el país presente buenas condiciones para la administración de justicia en materia administrativa, civil y mercantil

E. Enfoque ambiental

Centroamérica produce menos del 0,5% de las emisiones mundiales de CO_2, 12 veces menos que el total de América Latina, pero paradójicamente «es una de las regiones más vulnerables ante los embates del cambio climático». A nivel mundial, las buenas prácticas en el uso final de energía y las tecnologías de equipos eléctricos eficientes serán los responsables de la reducción de un 58% de la emisiones de CO_2 entre el 2002 y 2030 (Ref. *Terra Magazine*, febrero 2008). Por otra parte, vemos que por cada kilovatio hora (kWh) de electricidad que se ahorre, se evitará la emisión de aproximadamente 800 gr de CO_2.

En ese sentido las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes del sector energético en Centroamérica representan una porción menor del total mundial, aunque la tendencia de su comportamiento muestra un aumento continuo y por encima del promedio mundial (2,3% en la región frente a un 1% del mundial). Por otra parte el sector transporte es el mayor consumidor de energía de la región. Estimaciones del BID sugieren que la región podría sustituir entre 10% y 50% de su consumo de gasolina a través de la producción de etanol generado a partir de caña de azúcar. Este escenario tendría como resultado un cambio en el sector agroindustrial de la región, migrando a otros usos y alternando el uso de los recursos. Por otra parte existen algunos efectos climáticos que podrían tener impactos y provocar cambios drásticos en Centroamérica. Algunos de ellos se resumen a continuación:

a) cambios en patrones de precipitación afectando los sectores de la economía como la agroindustria;
b) riesgo de extinción de especies en áreas tropicales de Centroamérica. El 50% de las tierras cultivables pueden estar expuestas a procesos de desertificación hacia 2050;
c) al menos el 20% de la población centroamericana (8 millones de personas) estará expuesta a una escasez de agua para 2025, y
d) los aumentos esperados en el nivel del mar, la variabilidad climática y eventos extremos pueden afectar notoriamente las áreas costeras.

Por otra parte, de acuerdo conl perfil ambiental 2010 preparado por Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (IARNA) de la Universidad Rafael Landívar de Guatemala expone que en ese país cada año se pierden 70.000 hectáreas de área boscosa, lo que significa el 1,5% anual. A este ritmo, para el 2015, año en el que se deben cumplir las metas del milenio, Guatemala sólo contará con el 28% de los bosques con que cuenta en la actualidad. Finalmente podemos observar que de la transformación, transporte y uso final de la energía se derivan importantes impactos medioambientales, tanto de carácter local como global. En primer lugar, en la explotación de los yacimientos se producen residuos, contaminación de aguas y suelos, además de emisiones atmosféricas. Asimismo, el proceso de transporte y distribución de la energía para su consumo afecta al medio ambiente. Impactos de las líneas eléctricas, impactos de oleoductos y gasoductos, o hasta

las llamadas mareas negras, con dramáticas consecuencias para los ecosistemas y economías de las zonas afectadas. Por otra parte, el abastecimiento energético, a partir de las energías fósiles, necesita siempre un proceso de combustión, bien en las centrales térmicas, para producir electricidad, o localmente, en calderas y motores de vehículos. Esta combustión da lugar a la formación de CO_2, principal gas de efecto invernadero, y a la emisión de otros gases y partículas contaminantes que dañan la salud. Hay que tener en cuenta que la producción de energía, y su uso, tanto en la industria como en los hogares y medios de transporte, es responsable de la mayoría de las emisiones antropogénicas (causadas por el hombre) de CO_2.

F. Enfoque social

A nivel social, es importante destacar una ausencia de diálogo social entre los actores involucrados en los proyectos energéticos. Los proyectos de generación en la región se encuentran en algunos casos con fuerte oposición de las comunidades ya que no existen mecanismos apropiados de consulta y de información. La conflictividad social que se vive en un país como Guatemala tiene como consecuencia un aumento en los riesgos que asumen las empresas en contribuir con diversificar la matriz energética. Por otra parte, dentro de un análisis económico y social, estos problemas provocan un aumento en el costo de la energía aunado a los elevados costos de la energía renovable que también crecen a un ritmo parecido a las opciones de combustibles tradicionales. Esta situación no favorece a Centroamérica, altamente dependiente de los combustibles fósiles. Un ejemplo de ello es la energía eólica, una fuente energética que por ser innovadora es todavía cara, y también es una tecnología dependiente del acero y del concreto y requiere una fuerza laboral sofisticada para instalarse y mantenerse. A pesar que países como China se encuentran ya abaratando los precios de todos los equipos necesarios a nivel mundial para construir parques eólicos.

Mientras estos *commodities* mantengan un precio diferenciado, se hace más difícil que las fuentes de energía renovable puedan llegar a bajo precio al consumidor centroamericano. A nivel social y ambiental cabe destacar un caso como el de Guatemala en el cual la sociedad se polarizó en torno a la ampliación de un contrato petrolero en el Parque considerado como reserva natural. Este parque, llamado «Laguna del Tigre» fue declarado área protegida en 1989. El parque ha sido considerado el mayor humedal de Mesoamérica y concentra 13 de los 17 ecosistemas naturales que existen en la Reserva de Biosfera Maya. De acuerdo con la legislación guatemalteca, debe prevenirse el funcionamiento de industrias o actividades potencialmente contaminantes, así como las obras que puedan provocar una sensible alteración de las condiciones ecológicas locales. En este caso, la ampliación del contrato petrolero incluye explorar y explotar petróleo dentro o a proximidad del parque. Por otra parte, Guatemala es signataria de varias normativas internacionales tal es el caso del Tratado de Libre Comercio DR-CAFTA, un tratado que compromete a los países centroamericanos a no debilitar ni reducir la protección otorgada por la legislación ambiental como forma de incentivar el comercio o para retener una inversión en su territorio. El cuadro VI.I.3 nos pone en perspectiva los indicadores sociales relacionados al sector energético de los países de la región. Costa Rica y Panamá tiene los índices de desarrollo humano más elevados y una menor población rural. En estos países el consumo eléctrico por habitante al año se encuentra en el orden de los 2.000 kW.

Finalmente, por el lado de los usuarios cabe destacar los impactos sociales de las tarifas eléctricas. Una encuesta realizada durante el mes de febrero de 2011 por la firma Dichter&Neira nos sugiere que, en Panamá, un 68% de la población considera que paga demasiado por el servicio de electricidad. Comparado con el mismo sondeo de 2010, los números revelan que la percepción ha empeorado. Esta información de mercado nos permite inferir que los resultados en el resto de países de Centroamérica pueden ser similares. En algunos países de la región, las empresas distribuidoras

de energía se encuentran en conflictos con las comunidades locales derivado de algunos cobros excesivos o mal servicio.

Estos factores contribuyen a una percepción negativa del sector energético en la población en general. Este estudio destacó el desconocimiento de la población sobre el regulador y sobre la percepción que se tiene del gobierno con relación a su papel dentro del sector eléctrico.

Cuadro VI.1.3
Centroamerica: comparativo de indicadores sociales y energéticos

Ítem	Guatemala	El Salvador	Honduras	Nicaragua	Costa Rica	Panamá
Población total (miles, 2008)	13 677	7 224	7 322	5 677	4 550	3 391
Índice de electrificación (en porcentajes)	83,7	84,4	71,4	61,2	99,2	87,8
Consumo eléctrico (kwH/hab/año)	579	791	931	559	2 069	1 830
PIB/hab (precios corrientes de mercado, 2008)	2 886	3 102	1 956	1,183	6 557	6 823
Índice de desarrollo humano	0,663	0,722	0,667	0,690	0,838	0,804
Población rural (en porcentajes)	50	42,2	52,2	43	37,4	34,2

Fuente: Elaboración propia.

G. Conclusiones

A nivel internacional, vemos que los elevados precios del petróleo tendrán un fuerte impacto, contrayendo la economía en la región centroamericana. Otro de los energéticos con oportunidades en la región es el carbón, este seguirá siendo utilizado para satisfacer las necesidades energéticas del mundo en cantidades significativas. Sin embargo, el carbón también puede tener impactos ambientales adversos en su producción y uso.

Debido a su precio competitivo, en Centroamérica se encuentran en desarrollo varios proyecto de plantas a base de carbón, podemos inferir que la región en los próximos años estará apostando a este energético discriminando las oportunidades que presenta las fuentes renovables por una relación estrictamente de costo. Colombia se presenta como el gran proveedor de carbón para las necesidades energéticas de Centroamérica. La introducción de grandes centrales regionales de carbón debe estar precedida por el desarrollo de normativas ambientales estrictas y comunes a todos los países.

La región proyecta una demanda energética con un incremento anual del 5%, se requiere de 2.700 megavatios adicionales para 2015. Por otra parte, la región es dependiente energéticamente. No existen fuentes de energía no renovables (carbón, petróleo, gas natural). Ha existido un ajustado balance entre oferta y demanda. La oferta crece detrás de la demanda. La región centroamericana tiene que competir en desventaja con otras regiones o países por el interés de los inversionistas en generación de electricidad.

El mercado regional es hoy una realidad, si bien su desarrollo está en una etapa de poca madurez, principalmente por la poca capacidad física de hacer intercambios y por la asimetría en el desarrollo de los mercados nacionales. Adicionalmente, se presenta un proceso social más complejo y costoso, se traduce en desarrollar una visión a largo plazo para estimular el desarrollo de fuentes renovables, particularmente el hidroeléctrico y la geotermia, volviéndose de interés estratégico para

la región, porque se logran resultados globales más económicos y se reduce la emisión de gases de efecto invernadero.

En el caso de las plantas hidroeléctricas, estas requieren de fuertes inversiones de capital para cubrir sus altos costos de inversión, pero logran ahorros de operación que disminuyen el costo total. Se logra también reducir la exposición de los países a la volatilidad y a los imprevisibles aumentos en el precio de los derivados del petróleo. El mínimo costo de generación se logra con la integración de las diferentes fuentes.

La vulnerabilidad del sistema se reduce con la diversidad. La mezcla de las fuentes y tecnologías, le permite al sistema adaptarse de la mejor manera a las características del servicio eléctrico. El balance deseable entre las fuentes resulta de la disponibilidad de recursos energéticos y de consideraciones económicas y ambientales. La producción y consumo de energía no es un fin en sí mismo sino más bien un medio para alcanzar niveles de desarrollo y bienestar.

H. Sitios web consultados

AES El Salvador, <www.aeselsalvador.com/>.

Agencia Internacional de la Energía, <www.iea.org>.

AHPPER (Asociación Hondureña de Pequeños Productores de Energía Renovable) <www.ahpper.org>.

BID (Banco Interamericano de Desarrollo), <www.iadb.org>.

Booz & Company (A global management consulting firm), <www.booz.com>.

BP (British Petroleum) (2010), «Statistical review of world energy 2010» (www.bp.com/statisticalreview).

Capital Financiero Panamá, <www.capitalfinancieropanama.com>.

Cabi Energy Outlook (Central American Business Intelligence), <www.ca-bi.com>.

Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa, <www.cel.gob.sv/>.

Comisión Nacional de Energía Eléctrica de Guatemala, <www.cnee.gob.gt>.

IARNA (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente), <www.infoiarna.org.gt>.

Incae Business School, <www.incae.edu>.

Instituto Francés del Petróleo, <www.ifp.fr>.

Instituto Costarricense de Electricidad, <www.ice.gob.cr>.

Ministerio de Energía y Minas de Guatemala, <www.mem.gob.gt>.

(OLADE) Organización Latinoamericana de la Energía, <www.olade.org>.

SICA (Sistema de la Integración Centroamericana), <www.sica.int>.

SIECA (Secretaria de Integración Económica Centroamericana), <www.sieca.org.gt>.

SIGET(Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones), <www.siget.gob.sv/>.

Standard & Poor's, <www.standardandpoors.com>.

Terra Magazine Revista, <www.co.terra.com/terramagazine>.

Universidad Rafael Landívar de Guatemala, <www.url.edu.gt>.

Artículo VI.2
El sector energético de Honduras: diagnóstico y política energética

Wilfredo C. Flores *
Especialista Energético
Dirección General de Energía del Gobierno de Honduras

Resumen

En el presente trabajo se muestra la situación actual del sector energético hondureño. Específicamente, el análisis está orientado en el sector transporte, hidrocarburos, electricidad, electrificación rural, consumo de leña, el potencial desarrollo en biocombustibles, así como una breve reseña de la situación del potencial geotérmico y biomásico. También, se muestran las iniciativas en eficiencia energética que se han implementado o que se espera implementar para hacer un racional uso de la energía eléctrica. Asimismo, se muestran los resultados obtenidos en el desarrollo de la prospectiva energética de largo plazo, en la cual se aplica el software LEAP, herramienta computacional ampliamente utilizada en el desarrollo de políticas energéticas y evaluación en la mitigación del cambio climático. Finalmente, se muestra el procedimiento que se siguió para desarrollar la política energética del país y un plan energético al 2030, que servirán al Gobierno y a la empresa privada en el desarrollo del sector energético hondureño de una manera sostenible y eficiente de largo plazo.

A. Introducción

Honduras se encuentra geográficamente ubicada en el centro de Centroamérica, limítrofe con el Mar Caribe, entre Guatemala y Nicaragua, y el Océano Pacífico, entre El Salvador y Nicaragua, con una población aproximada de ocho millones de habitantes (2010) y una tasa de crecimiento poblacional de 2%. El país posee un PIB por habitante de 4.200 dólares (2010), siendo el segundo país más pobre de Centroamérica y el tercero más pobre de América Latina, después de Guyana y Nicaragua (CEPR, 2009), sin considerar en esta clasificación a Haití. A pesar de su situación económica, Honduras cuenta con suficientes recursos naturales para autoabastecerse de energía, ya sea por el uso de sus recursos hídricos, cuyo potencial teórico se estima en 5.000 MW, o por el posible uso de su potencial de energía solar, el cual es significativo debido a su ubicación geográfica, entre otras fuentes de energía. Otra posibilidad de abastecimiento energético es mediante el mercado eléctrico centroamericano, a través del Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central (SIEPAC), en el cual los cinco países de Centroamérica se interconectan entre sí mediante una extensión de 1.800 km de línea a 230 kV y con el cual cada país se aprovecha de las ventajas energéticas tanto de los países de la región centroamericana como de México.

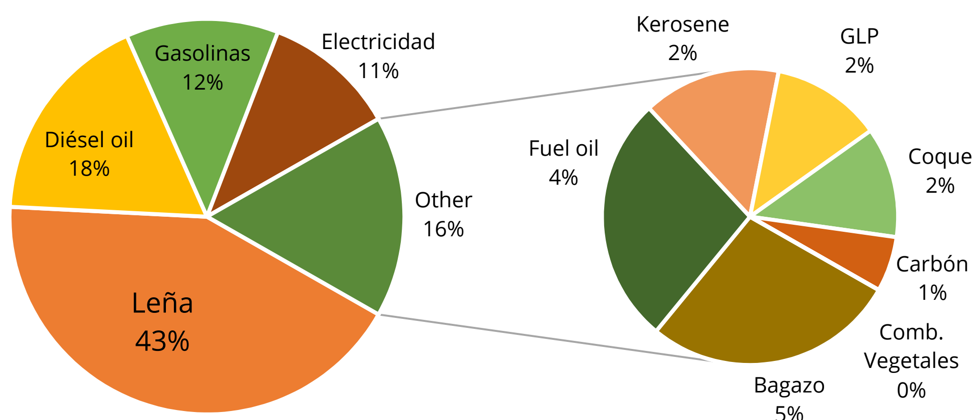
Los efectos de la crisis económica mundial de 2009 frenaron el crecimiento de la demanda de electricidad. La demanda máxima en el sector eléctrico hondureño registrada para el 2008 fue de 1.205 MW y para noviembre de 2009 aun no se había superado esta cifra, pese a haber mantenido un crecimiento entre 6% y 8% en años anteriores. Ya para el 2010 la demanda tuvo un pico máximo de 1.245 MW. A este escenario hay que agregar la crisis política que experimentó el país en junio de 2009, crisis que al principio detuvo las inversiones y que ya al 2011 se está empezando a superar. Está claro

* Contacto: Tel. (504) 2232-6227 ● C.E.: wilfredo.flores@gmail.com.

que ambas crisis, tanto la económica mundial como la política nacional, tendrán que solucionarse con el tiempo, pero no sin antes dejar una huella imborrable en la sociedad y economía hondureña.

Con relación a los temas específicos del sector energético, Honduras es un país cuya matriz energética está formada casi exclusivamente por el consumo de combustibles fósiles y el uso de biomasa. La primera cifra que sobresale es el 42,8% de participación de la leña en la matriz energética nacional (2009), valor que sigue siendo ante el paso de los años un porcentaje casi constante en el Balance Energético Nacional, y si se enfoca en el consumo residencial, el valor llega a representar el 87,5% de la fuente primaria de energía en los hogares, y si a esto se agrega el hecho de una creciente participación de diésel y bunker en la generación de electricidad durante los últimos 16 años, se tienen los principales rasgos de la matriz energética hondureña (véase el gráfico VI.2.1).

Gráfico VI.2.1
Honduras: consumo final de energía



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de DGE, 2009.

Siendo un país netamente importador de petróleo, el cual se importa principalmente de los Estados Unidos, el Ecuador y la República Bolivariana de Venezuela, la alta dependencia del petróleo es evidente, con una gran parte de la factura petrolera debida al consumo en el transporte y a la generación de electricidad, ya que para 2008 el 62% de la energía generada fue a base de combustibles fósiles. De 2007 a 2008 la factura petrolera pasó de 1.303 millones de dólares a 1.945 millones de dólares, respectivamente, con una tendencia a la alza.

En relación al subsector electricidad, la empresa operadora estatal, ENEE, se mantiene en permanente déficit, el cual no ha podido superar por varios años. Esta situación es debida principalmente a los altos costos de la generación basada en combustibles fósiles, costos que ha tenido que absorber durante largo tiempo. Por otra parte, la estructura organizacional de la empresa se ha quedado obsoleta y urge de un cambio que permita transformar su administración más ágil y orientada a actividades técnicas. Para 2006, las pérdidas técnicas y no técnicas estaban por el orden del 25%, el valor más alto en la última década. Actualmente dichas pérdidas siguen por encima del 20%.

Del lado de las energías renovables se han dado algunos pasos que avizoran una mayor participación de estas tecnologías en la futura matriz de generación. La próxima puesta en marcha del proyecto eólico más grande de Centroamérica, con una capacidad de 102 MW, y una inversión aproximada de 250 millones de dólares, es prácticamente un hecho (Mesoamérica, 2011). En Pampagrass, 2009 se presenta un análisis del mercado de energía renovable en Honduras. Asimismo,

en CEPAL, 2009 se muestra un análisis de los posibles escenarios para el desarrollo de proyectos con energía renovable en Centroamérica.

En lo relativo a la utilización de la biomasa, el sector azucarero cuenta con una autonomía de generación de vapor y electricidad, y se considera un sector bien organizado, con un potencial de generación de 163 MWe para autoabastecerse y con un excedente para exportar a la red de hasta 42 MW. En el caso de la palma africana, se está aprovechando un potencial de 62 MW directamente con el desperdicio orgánico y 9,5 MW con la captura de metano (Flores y otros, 2011).

En el área de hidrocarburos, ya se han iniciado estudios de exploración petrolera en la zona costa afuera oriental del país, los cuales en el corto plazo podrán indicar con mayor certeza el potencial petrolero nacional. En lo referente a la comercialización de los combustibles, existe suficiente capacidad instalada de almacenamiento por parte de la industria petrolera, con un poco más de tres millones de barriles, se cuenta además con una cantidad suficiente de unidades de transporte de combustible y existe mercado para la introducción de más gasolineras.

Por otra parte, en el sector transporte la flota vehicular es antigua, con un promedio de 15 a 20 años de edad, por lo que se infiere que el consumo de combustible por parte de este sector es ineficiente. El uso de combustibles alternos de origen nacional se ha estancado, y la sustitución de biodiésel y etanol en el transporte terrestre local es prácticamente inexistente. Las plantas de extracción de aceite de palma, que antes producían biodiésel para uso en el transporte local, lo han dejado de hacer por razones de precio y carencia de incentivos. Asimismo, el caos vehicular se ha ido intensificando especialmente en las dos ciudades más importantes (Tegucigalpa y San Pedro Sula), lo cual evidencia la falta de planificación vial y lo precario del mantenimiento de la red existente.

Por último, pero no menos importante, en el tema de eficiencia energética se han dado algunos pasos significativos. Uno de ellos fue la sustitución de un poco más de 4.000.000 de lámparas incandescentes por lámparas fluorescentes compactas en el sector residencial durante 2009, lo cual representó una disminución de la demanda en el pico de la tarde de 53 MW en el período 2008–2009 (AETS, BCEOM, EDE Ingenieros, 2009). Además, se cuenta ya con un proyecto de ley para el Uso Racional de la Energía y las iniciativas privadas en materia de proyectos de eficiencia energética se han ido incrementando debidas naturalmente al alto costo de la energía, el cual se ajusta periódicamente en relación al precio del petróleo en el mercado internacional.

Observando el contexto anterior, se infiere la necesidad de una política energética sostenible de largo plazo que oriente al Estado y al sector privado en lo concerniente a las diversas inversiones necesarias para desarrollar el sector energético nacional.

Considerando que dentro de las políticas públicas necesarias para el desarrollo del país, la formulación de una política energética se ha convertido en una necesidad, dada la crisis energética global, la alta dependencia de los combustibles fósiles, la situación de crecimiento poblacional y en vista de la importancia de la energía como elemento determinante de la calidad de vida de la población, como insumo imprescindible y difundido sobre todo el aparato productivo, como destino de una considerable magnitud de las inversiones requeridas por el sistema de abastecimiento y atendiendo a la fuerte interacción con el medio ambiente, tanto por el uso intensivo de recursos naturales como por los impactos derivados de la producción, transporte y utilización, la política energética desempeña un papel de especial significación dentro de las políticas de desarrollo de cualquier nación (CEPAL, OLADE, GTZ, 2003).

Debido a dicha importancia, la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente de Honduras (SERNA), a través de su Dirección General de Energía (DGE), como ente rector del sector energía, desde 2003 decidió emprender la tarea de desarrollar una política energética sostenible de largo plazo

y un plan energético que sirva como guía al Gobierno y a los distintos actores para el desarrollo del sector energético en los próximos 20 años.

El enfoque seguido para el desarrollo de la política energética nacional consistió, en primer lugar, en la realización de un diagnóstico del sector energético, para luego realizar la propuesta de las soluciones de mediano y largo plazo. Para el análisis de largo plazo ha sido utilizada la plataforma computacional denominada LEAP (*Long-range Energy Alternatives Planning System*). Desarrollado por el *Stockholm Environment Institute*, la cual es una herramienta ampliamente utilizada en análisis de política energética y evaluación del cambio climático (COMMEND, 2011). Por lo tanto, la prospectiva del sector energía fue desarrollada considerando dos escenarios, como sigue: un escenario tendencial (business as usual), donde ningún cambio es aplicado a lo largo del tiempo; y un escenario deseado, donde los principales aspectos de política son aplicados en distintos componentes del sector energía, p. e. mejoras en eficiencia energética, introducción de automóviles híbridos y biocombustibles en el sector transporte, incremento de la cobertura de electricidad, entre otros. Por lo tanto, este análisis proporciona una herramienta que facilita la planificación del sector energía de acuerdo con las políticas consideradas clave por los tomadores de decisiones.

El presente trabajo está organizado de la siguiente manera: la sección 1 aborda el tema del sector transporte; la sección 2 muestra los diagnósticos de algunos sectores importantes del sector energético de Honduras; en la sección 3 se presentan de manera resumida el potencial en lo que respecta a la energía geotérmica, biomasa y biocombustibles; la sección 4 aborda el análisis de prospectiva energética; en la sección 5 se muestra la metodología que se siguió para la formulación de la política energética de Honduras, así como los objetivos de esta política, los costos y el tiempo requerido para la implementación de un plan energético al año 2030, y la propuesta de una nueva estructura del sector energía. Finalmente, las conclusiones se presentan en la sección 6.

B. Diagnóstico de algunos sectores importantes

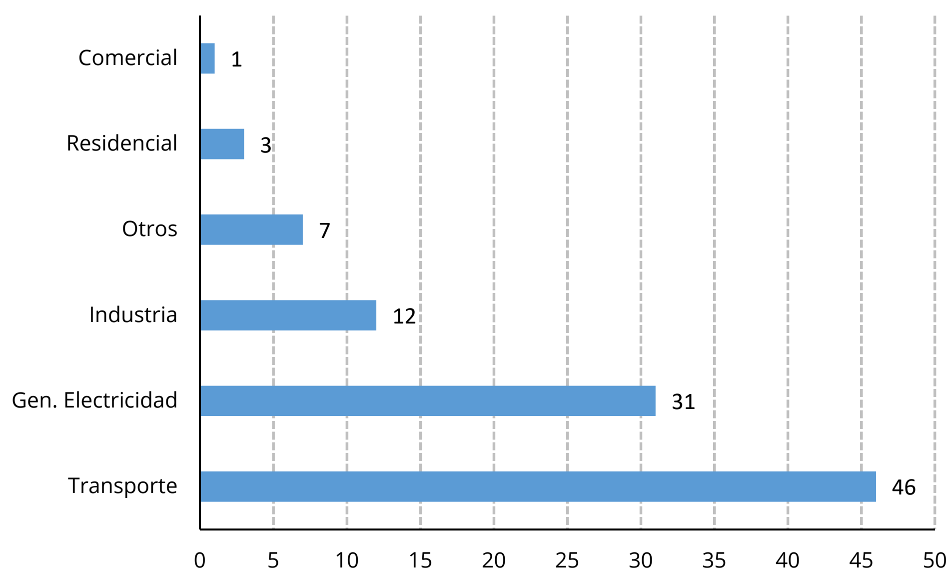
1. Sector transporte

De acuerdo con el Balance Energético Nacional 2009, del consumo final de energía, el 47,6% del total correspondió a los hidrocarburos, y de ese total el 45% fue consumido por el sector transporte, siendo éste el de mayor consumo (véase el gráfico VI.2.2).

Por otra parte, de acuerdo con el último inventario de emisiones y sumideros de gases de efecto invernadero de Honduras, 2005 (Flores y otros, 2005), el sector transporte terrestre fue responsable de la emisión del 63,2% del total de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI's). Bajo este contexto, es obvia la importancia de este sector y su potencial de aporte al calentamiento global.

El sector transporte hondureño experimenta un crecimiento acelerado. La flota vehicular total en los últimos 19 años ha tenido una tasa promedio de crecimiento del 10,6% (910.120 vehículos en 2009), lo que supera ampliamente la tasa de crecimiento poblacional y del PIB por habitante. En general, la flota vehicular hondureña experimenta una situación similar al comportamiento de la flota vehicular en el ámbito mundial, por lo que el crecimiento del consumo de combustibles debido a un parque vehicular en constante crecimiento seguirá teniendo un fuerte impacto en la balanza de pagos del país, en vista de que Honduras es un país eminentemente importador de productos derivados del petróleo.

Gráfico VI.2.2
Honduras: consumo de hidrocarburos por sector
(En porcentajes)



Fuente: Dirección General de Energía (DGE-Honduras), 2009.

Basándose en un análisis de encuestas de campo y con la finalidad de conocer más acerca del sector transporte, en vista de la carencia de datos, se obtuvieron el cuadro VI.2.1 y el cuadro VI.2.2, en donde se muestran el consumo promedio anual de combustibles en galones por vehículo y el costo de movilización de una persona por km recorrido, respectivamente.

Cuadro VI.2.1
Honduras: consumo promedio anual de combustibles

Tipo de vehículo	Promedio de consumo anual (gal/vehículo)
Transporte colectivo de diésel (interurbanos)	11 830
Transporte colectivo de diésel (urbanos)	3 877
Carga pesada diésel	1 690
Vehículos semipesados de carga (diésel)	1 584
Transporte colectivo taxis (gasolina)	1 446
Transporte colectivo taxis (diésel)	1 357
Transporte colectivo (microbuses) diésel	1 259
Vehículos livianos de carga (diésel)	477
Automóviles particulares diésel	280
Automóviles particulares gasolina	218
Motocicletas	97

Fuente: Flores, M., 2009.

Cuadro VI.2.2
Costo de movilización de una persona por km recorrido

Subsector	Costo pasajero/km (en dólares)
Particulares	0,0989
Taxis	0,0297
Microbuses	0,0130
Buses urbanos	0,009
Buses interurbanos	0,005

Fuente: Flores, M., 2009.

De estos cuadros se infiere que es más barato utilizar el sistema de transporte público que usar un automóvil particular. Con esta conclusión cuantitativa ya es posible inferir líneas de política objetivas para este sector.

Ante este panorama, es conveniente elaborar políticas que reduzcan el uso de combustibles, promuevan el uso de biocombustibles, permitan la introducción de nuevas tecnologías, como automóviles híbridos y eléctricos, así como la promoción en el uso del transporte público, lo cual implica un análisis más profundo del sector transporte, ya que envuelve factores de índole cultural y de seguridad pública.

2. Sector hidrocarburos

El problema del abastecimiento petrolero constituye el obstáculo energético más importante de la región centroamericana. Ello es derivado al predominio de los hidrocarburos como principal fuente de energía comercial y del hecho que, salvo pequeñas reservas en Guatemala y Belice, el Istmo Centroamericano no posee hasta el momento reservas comprobadas de petróleo. Ello establece una relación de alta dependencia energética de fuentes de energía foránea.

Honduras es un importador neto de combustibles derivados del petróleo, principalmente de los Estados Unidos (48,8%), el Ecuador (13,1%) y la República Bolivariana de Venezuela (13,1%) (CEPAL, 2008).

En la región centroamericana, solamente Costa Rica y Honduras tienen precios regulados para los derivados del petróleo, mientras que los otros cuatro países han optado por el modelo de mercados liberalizados, con precios establecidos por los agentes para la mayor parte de productos petroleros. A partir de la crisis de los altos precios del petróleo y sus derivados, los países buscaron otras opciones de suministro, es así que al aprovechar la cooperación bilateral que ofreció la República Bolivariana de Venezuela durante 2007 y 2008, Nicaragua y Honduras ingresaron formalmente al esquema de suministro petrolero venezolano conocido como Petrocaribe (Aguilera, 2009). Además, en el pasado reciente se han emprendido acciones para participar o incrementar la participación en algunas actividades de la cadena de la comercialización de los hidrocarburos, especialmente en la importación y almacenamiento de crudo y derivados. Sin embargo, actualmente Honduras ya no participa en la iniciativa de Petrocaribe.

El mercado dowstream de Honduras no cuenta con la fase inicial de refinación, por lo que la totalidad de la oferta es de productos importados.

Además de las empresas que importan combustibles para su comercialización, a mediados de la década de 1990 comienzan las importaciones directas de empresas generadoras de electricidad, que para 2000 representaban casi un 25% de las importaciones totales.

En cuanto a la exploración petrolera, las actividades de exploración se iniciaron en Honduras en 1920 y continuaron hasta 1993 con la perforación del último pozo. Hasta el momento no se ha determinado la existencia de hidrocarburos en cantidades comercialmente explotables, pero si se han encontrado evidencias de la existencia de petróleo y gas en el Caribe hondureño, por lo que el Gobierno de Honduras pretende a corto plazo reformar la legislación vigente con la finalidad de permitir un mercado abierto en la exploración petrolera. En cuanto a este último aspecto, la actual Ley de Hidrocarburos ha demostrado que no incentiva la inversión en actividades petroleras en Honduras, lo que es evidente en el hecho de que las investigaciones cesaron desde 1993, hace 16 años, pese a que los precios de los hidrocarburos han llegado a su máximo valor histórico. Es por esto que la DGE, consciente de esta situación, en 2006 inició un proceso de modernización del sector hidrocarburos, finalizando en agosto de 2009 con la elaboración del Anteproyecto de Ley de Hidrocarburos para su posterior envío al Congreso Nacional. Recientemente se ha aprobado una veda por un año (2011) en las concesiones para exploración y explotación, con la finalidad de evitar especulación en los proyectos, mientras se aprueba la nueva ley.

Finalmente, y de acuerdo conl panorama analizado anteriormente, para el sector hidrocarburos se proponen las siguientes metas para 2030, clasificadas en cuatro grandes grupos:

a) acceso a los hidrocarburos por parte de la población con menos recursos: Que toda la población tenga acceso a los hidrocarburos aun en las regiones aisladas;
b) uso racional y eficiencia energética: Reducir en 10% el consumo de derivados del petróleo en el transporte público y privado, mediante medidas de manejo eficiente, aplicación de normas para la importación de vehículos, fomento al transporte público, entre otros;
c) biocombustibles para transporte: Sustituir el 15% del consumo de derivados del petróleo en el transporte público y privado mediante el uso de biocombustibles, y
d) cambio climático: reducir en un 20% la emisión de gases de efecto invernadero con respecto al escenario tendencial en 2030, maximizando la aplicación de los certificados de reducción de carbono.

3. Subsector electricidad

El subsector electricidad en Honduras principalmente es manejado por dos entes estatales: la Comisión Nacional de Energía (CNE), y la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE). La CNE es el ente regulador y la ENEE es la empresa responsable por la operación del sistema de potencia del país.

En 1994, y en vista de la crisis experimentada en el subsector durante ese período, en la cual se experimentaron apagones de hasta 12 horas en muchas zonas urbanas del país, se aprueba la Ley Marco del Subsector Eléctrico, la cual define la estructura institucional de la industria de la energía eléctrica en el país (ENEE, 2011c). Dicha ley promueve la competencia en el mercado mayorista de energía mediante la separación de la generación, la transmisión/despacho y la distribución, y la libertad de entrada a todas las actividades del subsector; así como transacciones de energía en un mercado mayorista.

A pesar de ello, en la actualidad la implementación del nuevo modelo introducido por la ley no ha sido del todo implementado, sino de manera parcial, y ha tenido un éxito limitado en resolver los problemas que habían motivado la reforma. Las redes de distribución no fueron desreguladas

como lo establece la ley, dejando a la ENEE como una empresa verticalmente integrada, único distribuidor servido por la red de transmisión y en control del despacho de todas las instalaciones de generación, ya sea como propietario o a través de los respectivos Acuerdos de Compra de Energía (PPAs, por sus siglas en inglés). Es valioso mencionar que si bien los PPAs proporcionan una manera rápida para resolver la insuficiente disponibilidad de electricidad, estos contratos también incrementan la carga financiera de la empresa de electricidad (IDB, 2003), y este es el caso de la ENEE como veremos a continuación.

La ENEE ha venido incurriendo en pérdidas financieras de aproximadamente 103,6 millones de dólares anuales, equivalentes casi al 2% del PIB (ESMAP, 2010). Su flujo de caja ha sido negativo y ha tenido que posponer inversiones necesarias en distribución y transmisión.

Otro elemento importante es la cobertura de servicio de energía eléctrica, que en Honduras alcanza el 77%, siendo esta la segunda más baja en Centroamérica, después de Nicaragua (véase el cuadro VI.2.3). Aunque datos recientes muestran una cobertura de electricidad de 81,27% a diciembre de 2010 (ENEE, 2011a).

Cuadro VI.2.3
Países seleccionados: cobertura de electricidad por país
(En porcentajes)

País	Cobertura
Costa Rica	98,8
El Salvador	85,8
Guatemala	83,8
Honduras	77,0
Nicaragua	64,5

Fuente: CEPAL, 2008a.

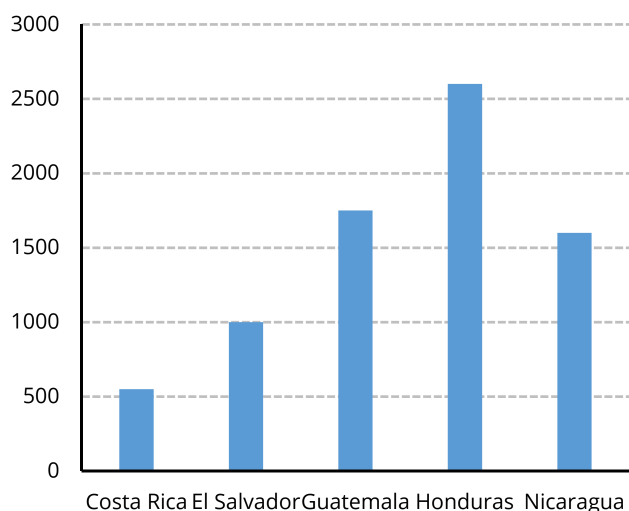
Con una capacidad instalada de generación de 1.606 MW (2009), Honduras se apoya en un sistema eléctrico de potencia basado en generación termoeléctrica (que aporta casi dos tercios de la capacidad instalada total), por lo que es muy vulnerable a la volatilidad del precio internacional del petróleo (ENEE, 2011b). Los planes de expansión incluyen la adición de 2.095 MW de capacidad neta de generación durante el período 2008–2022. Un análisis completo del subsector electricidad de Honduras es mostrado en (ESMAP, 2010).

Por otra parte, es valioso mencionar que en Centroamérica, Honduras es el país que genera la mayor cantidad de Gases Efecto Invernadero (GEI), producto del subsector electricidad y resultado del uso intensivo de plantas termoeléctricas, con casi 2,6 millones de toneladas de GEI, aproximadamente (véase el gráfico VI.2.3).

En CEPAL (2010) se muestra que de las plantas termoeléctricas que en conjunto contribuyeron en 2008 al 90% de la energía generada por plantas térmicas en el Istmo Centroamericano, una de las cuatro plantas más contaminantes es LUFUSSA, con sus tres centrales ubicadas en el sur de Honduras.

En la actualidad, uno de los principales desafíos de la ENEE es su inminente y pronta inclusión en el Mercado Eléctrico Regional, mediante la interconexión eléctrica Centroamericana, ya que la empresa aun no cuenta con la plataforma tecnológica necesaria para hacerle frente a transacciones de energía en tiempo real, por ejemplo, estimador de estado, entre otros.

Gráfico VI.2.3
Países seleccionados: emisiones de gases efecto invernadero debidas al subsector electricidad en Centroamérica
(En miles de toneladas)



Fuente: CEPAL, 2010.

Por otra parte, la CNE necesita de fortalecimiento institucional que le permita cumplir a cabalidad con su papel de regulador independiente del subsector eléctrico.

Finalmente, aunque se ha avanzado, Honduras todavía está rezagada en comparación con los otros países de la región en términos de diseñar e implementar programas de eficiencia energética. Una revisión resumida de las iniciativas en el uso racional de la energía en el país se presenta a continuación.

4. Diagnóstico e iniciativas en el uso racional de la energía

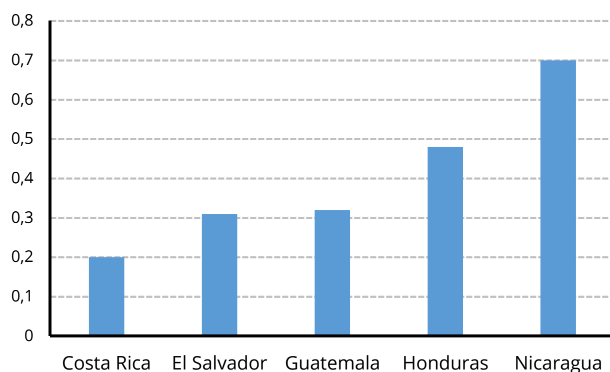
Honduras posee la segunda mayor intensidad energética en Centroamérica (0,47), después de Nicaragua (véase el gráfico VI.2.4); (IEA, 2009, Flores, W. y otros, 2010), lo cual permite inferir que no se está haciendo un eficiente uso de la energía en el país. En la industria existe la posibilidad de lograr un impacto significativo en la intensidad energética a través de la aplicación de programas de eficiencia energética. Reducciones de alrededor del 20% se podrían lograr, considerando las condiciones generales que se han observado en la mayoría de los países de América Latina (CEPAL, SICA, 2007).

Con la finalidad de tener un panorama más amplio del consumo de electricidad en el país, a continuación se muestra la caracterización de la demanda en los sectores residencial, industrial y comercial.

a) En el **sector residencial**, la leña constituye el principal energético tradicional, ya que permite satisfacer el 87,5% de las necesidades energéticas de las familias (véase el gráfico VI.2.5).

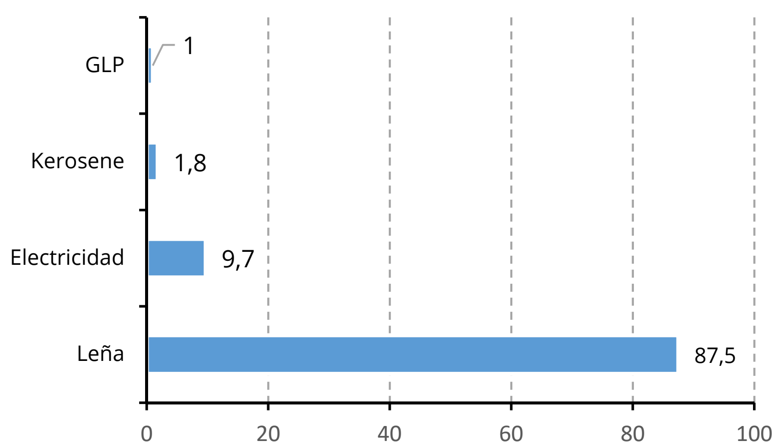
Es bien sabido que el consumo de leña se caracteriza por su gran volumen y muy baja eficiencia, la cual llega en promedio a menos del 10% en la mayor parte del uso doméstico, es por ello que se propone la reducción paulatina en su consumo hasta 2030, tal como mostrará más adelante en el desarrollo de la política energética de Honduras.

Gráfico VI.2.4
Países seleccionados: intensidad energética



Fuente: IEA, 2009.

Gráfico VI.2.5
Honduras: origen de la energía doméstica
(En porcentajes)

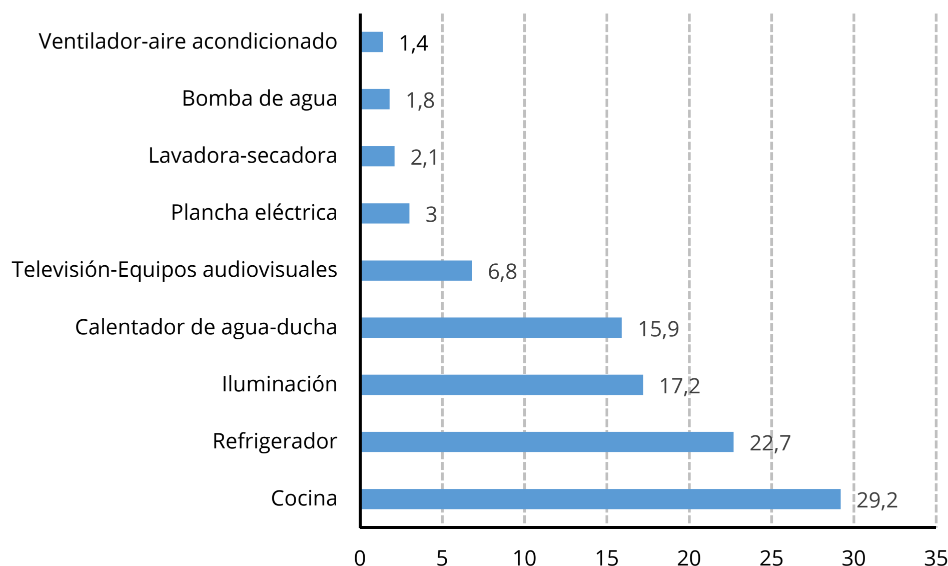


Fuente: Flores, W., y otros, 2010.

En el gráfico VI.2.6 se muestra la caracterización de la demanda de electricidad para el sector residencial en la zona central del país (zona urbana de alta densidad demográfica). De esta figura se desprende que una campaña de sustitución y mejoras en la eficiencia de cocinas (estufas eléctricas), refrigeradores, bombillos incandescentes y duchas o calentadores de agua, surtirá un efecto significativo en la reducción de la demanda en el sector residencial, el cual representa el más alto consumidor de electricidad en el país, con un 33% del consumo total, y cuyo número de usuarios representa el 91% del total de clientes de la ENEE (ENEE, 2011a).

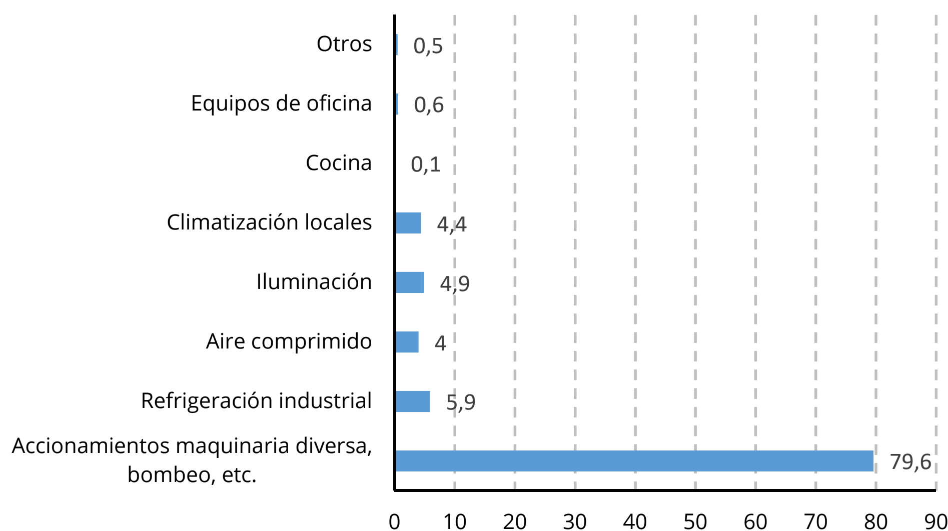
b) En el **sector industrial**, casi el 80% de la energía eléctrica que se utiliza tiene como uso final la fuerza motriz (véase el gráfico VI.2.7). Por lo tanto, de esta figura se desprende que para lograr un efecto significativo en la reducción de la demanda del sector industrial, será necesario implementar campañas de sustitución y mejora de la eficiencia en los motores que se usan en este sector de consumo.

Gráfico VI.2.6
Honduras: caracterización de la demanda de electricidad en el sector residencial de la zona central del país
(En porcentajes)



Fuente: Flores, W. y otros, 2010.

Gráfico VI.2.7
Honduras: caracterización de la demanda de electricidad en el sector industrial en la zona central del país
(En porcentajes)

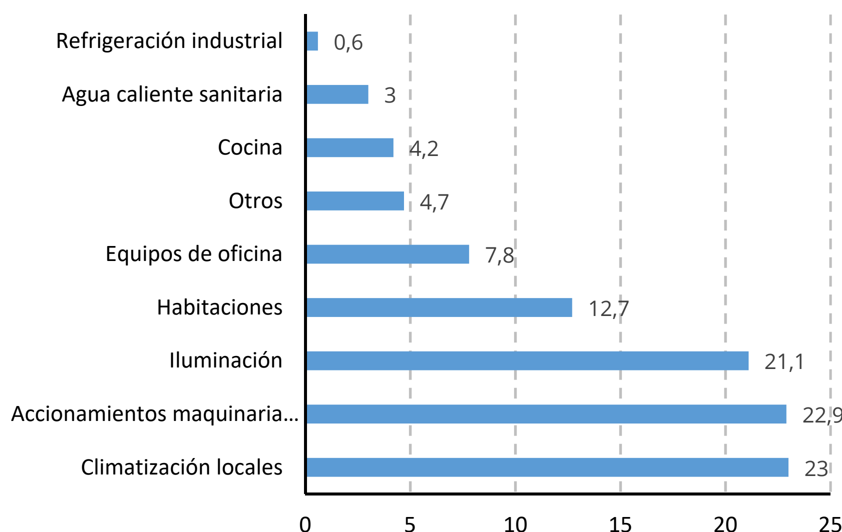


Fuente: Flores, W. y otros, 2010.

c) En el **sector comercial**, la climatización representa el 23,04% del consumo total, seguido por lo motores con un 22,91%, quedando la iluminación con un 21,08% y el restante 32,97% en otros tipos menores (véase el gráfico VI.2.8). De esta manera, una campaña de

sustitución y mejora de la eficiencia en la climatización de locales, motores e iluminación, podrá surtir un efecto beneficioso en la reducción de la demanda en este sector de consumo.

Gráfico VI.2.8
Honduras: caracterización de la demanda de electricidad en el sector comercial
(En porcentajes)



Fuente: Flores, W. y otros, 2010.

En cuanto a las iniciativas en el uso racional de la energía, las más importantes se resumen a continuación.

a) Ley de promoción del uso racional de la energía

El objetivo de la ley es promover la adopción de medidas que den como resultado el uso racional de la energía en los hogares y en las distintas actividades económicas presentes en el país.

Para los efectos de la ley, se entiende por uso racional aquél que asegure el ahorro y la eficiencia tanto en los usos finales como en los procesos de conducción y de transformación de la energía, así como la utilización de fuentes de energía no tradicionales actualmente desaprovechadas, tales como la energía geotérmica, solar, eólica, mareomotriz, y del aprovechamiento del potencial hidroeléctrico del país, del cual hasta la fecha sólo se aprovecha el 10%. La ley se encuentra en etapa de revisión y posterior envío al Congreso Nacional para su discusión y aprobación.

b) Normalización en eficiencia energética

El Consejo Hondureño de Ciencia y Tecnología (COHCIT) a través del Organismo Hondureño de Normalización (OHN), es el organismo encargado de coordinar a los diferentes sectores del país para desarrollar normas. Actualmente ya realizó la publicación de las normas de eficiencia energética de lámparas fluorescentes compactas (LFC) y dispositivos acondicionadores de aire.

Estas normas especifican los requisitos de eficiencia energética de las LFC incluyendo los balastros con que estas operan, la metodología para su clasificación, sus métodos de ensayo y las características de la etiqueta de eficiencia energética.

Las normas son voluntarias y Honduras todavía tendrá que fortalecer la verificación de la conformidad para tener normas obligatorias.

c) Proyecto de Generación Autónoma y Uso Racional de la Energía Eléctrica (GAUREE)

Es un proyecto que con el apoyo de la Unión Europea actualmente está en su segunda etapa y cuyo objetivo general consiste en la puesta en práctica de soluciones concretas para fomentar la utilización y desarrollo de energías renovables ligadas a la generación de energía eléctrica, la realización de acciones para mejorar la curva de demanda, promover el uso eficiente de la energía eléctrica y ejecutar acciones que contribuyan a reducir las pérdidas técnicas y no técnicas en los sistemas de distribución de la ENEE.

Las áreas generales de intervención del proyecto son las siguientes:

a) electrificación en el área rural basada en energías renovables;
b) proyectos hidráulicos de demostración que conlleven el uso múltiple del agua;
c) reducción de pérdidas en los sistemas de distribución eléctrica, y
d) mejora de la curva de demanda.

GAUREE ha realizado diferentes estudios y en su primera etapa, en los años 1997 y 1998, elaboró un programa de más de 300 auditorías energéticas que arrojaron los primeros resultados en el país sobre los potenciales de ahorro debido a la implementación de medidas de eficiencia energética. También, ha logrado caracterizar la curva de la demanda de electricidad en las principales ciudades del país, ha presentado un estudio sobre el impacto de la implementación de la tarifa multihoraria en dicha curva y actualmente está implementando proyectos de generación de energía a base de recursos renovables.

d) Programa de Eficiencia Energética en los Sectores Industrial y Comercial (PESIC)

El PESIC es un proyecto que aboga por la adopción de políticas, desarrollo de capacidades de actores del sector público y privado, y la implementación de prácticas de eficiencia energética por el sector privado.

e) Auditorías energéticas en el sector gubernamental

En la actualidad, el Gobierno está en proceso de realización de auditorías energéticas en los distintos edificios que ocupa el sector gubernamental. Con los resultados de estas auditorías y mediante el cambio de equipos ineficientes, se espera reducir a corto plazo el consumo en este sector.

f) Electrificación rural

Las zonas rurales dependen en gran medida de sistemas eléctricos aislados, los cuales deben ser desarrollados usando principalmente recursos naturales. La construcción de sistemas micro-hidro y la instalación de paneles solares son una realidad en el territorio hondureño, siendo la Cooperación Alemana, GIZ, el actor principal con más de 123 kW instalados. Es de hacer notar que el potencial solar

de Honduras está claramente identificado, no así el potencial micro-hidro, el cual aun es desconocido en detalle. La energía solar disponible en territorio hondureño es estimada en el rango de 4,5 kWh/m^2/día a 6,5 kWh/m^2/día, el cual resulta en una energía teórica anual de 547 TWh (SWERA Project, 2008a). Sin embargo, en 2007 el Banco Mundial condujo estudios de mercado para la instalación de paneles solares en el sector rural de Honduras e identificó un potencial fotovoltaico viable de 51 MW (CEPAL, SICA, 2007).

Por otra parte, el potencial eólico de Honduras se estima en 46.660,10 MW, el cual no ha sido explotado aun (SWERA Project, 2008b). Aunque no todo este potencial eólico es técnicamente viable (ECLAC, SICA, 2007), en la zona sur del país y en las islas de la Bahía se encuentra el mayor potencial eólico identificado hasta el momento.

En cuanto a los potenciales basados en las energías mareomotrices y undimotríces (provenientes de las olas), estos aun son desconocidos en su totalidad.

El uso de los sistemas aislados podría reducir la inversión en electrificación rural por lo menos en 150 millones de dólares (Zelaya, 2009).

g) Uso energético de la leña

Probablemente uno de los temas más importantes en el desarrollo de una política energética sostenible para Honduras es el uso de leña. De acuerdo con el Balance Energético Nacional 2009 (DGE, 2009), el sistema energético de Honduras muestra una alta dependencia de la leña, la cual se estima en el 42,8% de la energía de uso final, como se mostró en el gráfico VI.2.1.

Siendo un país de vocación forestal, los bosques son los recursos naturales más abundantes con que cuenta el país. Sin embargo, los bosques del país han estado desapareciendo a un ritmo de hasta 67,0000 hectáreas/año, por diferentes causas, entre las que se destacan los incendios forestales y el procesamiento de productos de madera. Los problemas de deforestación están asociados al crecimiento poblacional y al alto consumo de leña, ya que es el combustible de mayor consumo domestico y de más fácil acceso.

El sector domestico es el consumidor más importante de la leña, el cual representa un consumo estimado en todo el país de 7,5 millones de m^3 de leña (Flores, W. y otros, 2011).

Si se compara con los países de la región, en Honduras el consumo de leña está por el orden de 1,57 BEP (Barriles Equivalentes de Petróleo) por habitante, contra el promedio de América Latina y el Caribe, que es de 0,6 BEP por habitante. Países como Costa Rica y El Salvador tienen un consumo de 0,95 BEP y 0,8 BEP, respectivamente (OLADE, 2009).

Por otra parte, es valioso mencionar que en Honduras la mayor parte de las estufas eficientes han sido instaladas mediante donaciones nacionales e internacionales, el objetivo de los programas ha sido la disminución del consumo de leña, la eliminación del humo de las viviendas y en general el mejoramiento de la calidad de vida de las familias. Hasta 2010 se estima que existían instaladas alrededor de 15.000 estufas eficientes en el país (OLADE, 2010), aunque recientemente se estima que hay hasta 50.000 estufas instaladas a nivel nacional (Sanders, 2011).

La principal problemática del sector forestal hondureño está relacionada con la fragilidad de los ecosistemas, lo cual reduce su capacidad para amortiguar los impactos de los fenómenos naturales (sequía y desertificación), aunado a las prácticas inadecuadas de uso de la tierra y cultivos agropecuarios poco sostenibles (cultivo de caña); asimismo, la deficiente capacidad institucional del

sector para la ejecución de políticas y programas que respondan a las expectativas del desarrollo económico, ambiental y social (plantaciones energéticas, estufas eficientes).

C. Potencial geotérmico, biomásico y de biocombustibles

1. Potencial geotérmico

La exploración geotérmica en Honduras inició en 1976 y se han logrado algunos avances desde entonces (Laughlin, A. William and Goff, Sue J., 2003). Se ha realizado un inventario de manifestaciones termales y una detallada investigación ha llevado a la categorización de varios campos de alta entalpía de interés geotérmico para la generación de electricidad. En el cuadro VI.2.4 se muestran las áreas de interés geotérmico que se han identificado hasta la fecha. Asimismo, se han identificado alrededor de 204 fuentes termales, cuyas temperaturas medidas en superficie están entre los 30°C y 101°C (Andara, 2009). A pesar del potencial con que se cuenta, aun no existen proyectos geotérmicos que estén en funcionamiento. Sin embargo, algunos emprendimientos privados están en preparación (Rodríguez & Herrera, 2007).

Cuadro VI.2.4
Honduras: áreas de interés geotérmico

Área	Potencial (MW)
Platanares	48
Azacualpa	36
Sambo Creek	15
San Ignacio	14
Pavana	11
El Olivar	1
Total	125

Fuente: Flores, W. y otros, 2011.

2. Potencial biomásico y de biocombustibles

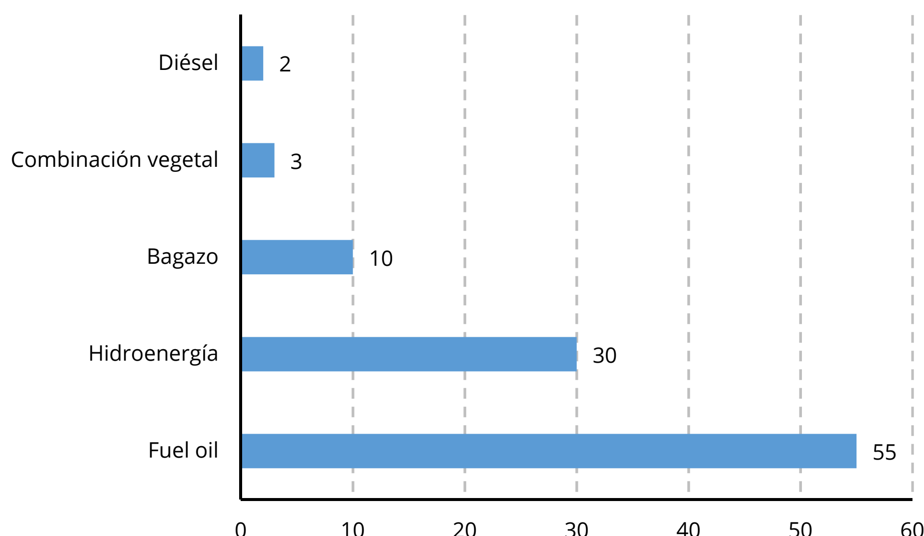
Así como la leña, la biomasa proveniente de fuentes diversas constituye un buen porcentaje en el potencial energético del país. A continuación, se muestra el potencial de acuerdo con el insumo biomásico. También, se hace mención del potencial uso de los biocombustibles.

a) Potencial energético a partir de la caña de azúcar

La producción nacional de azúcar se procesa en seis molinos distribuidos a lo largo del país, con una superficie de 45.000 hectáreas. El 68% de la producción total de azúcar se destina al consumo interno y el 32% se exporta (Sanders, A., 2009). El país tiene una productividad agrícola de caña de azúcar de 79,6 toneladas/ha, ubicándose en la región sólo por debajo de Guatemala y en todo el mundo por debajo de los grandes productores como el Brasil y Australia (CEPAL, 2004).

El bagazo, un residuo de la molienda de caña de azúcar, se utiliza para generar vapor y electricidad. Alrededor del 25% de la caña de azúcar cultivada está disponible como bagazo para generar energía. En el gráfico VI.2.9 se muestra que el 10% de la energía eléctrica producida durante 2009 fue en base a bagazo. Los molinos tienen una capacidad autónoma de generación de energía mediante sistemas de cogeneración.

Gráfico VI.2.9
Honduras: fuentes para la producción de electricidad



Fuente: DGE, 2009.

En el sector azucarero existe un gran potencial de desarrollo de generación eléctrica debido a su alta capacidad y centralización del recurso biomásico, se estima una disponibilidad teórica de generar 163 MWe y a la fecha se considera el sector más organizado en lo que respecta la generación de energía eléctrica en el país.

Por el lado de los biocombustibles, en la actualidad Honduras es el único país de Centroamérica que no produce etanol a partir de caña de azúcar. Aunque existe una ley para promover el uso de los biocombustibles (ENEE, 2011d), la inversión en etanol requiere una regulación más específica.

Se espera que en el futuro cercano se active el consumo local de los biocombustibles en base a caña de azúcar, ya sea a través de incentivos estatales o a raíz del siempre creciente precio de los derivados del petróleo.

b) Potencial energético de los residuos de palma africana

El cultivo de la palma africana es uno de los de mayor crecimiento en el país. Este cultivo es la principal fuente del aceite que se consume en el mercado nacional y en los últimos años ha adquirido también importancia como producto de exportación, para el caso, en 2007 se comercializaron en el mercado internacional 149.000 toneladas métricas de aceite, con un valor de 110,5 millones de dólares.

De acuerdo con las estimaciones correspondientes a valores de producción de fruta de 2008, existe un potencial teórico de cogeneración de 307.317 MWh/año (61,46 MWe) (Agüero, 2009).

Por otra parte, se estima que actualmente se generan unos 28,6 millones de m^3 de metano, que son liberados en su mayoría a la atmósfera, producto de la descomposición aeróbica en las lagunas de oxidación de la materia orgánica proveniente de los efluentes del proceso de extracción de aceite. Esto representa un potencial de generación de energía eléctrica de 47.759 MWh (9,5 MWe) y un adicional de recuperación calorífica de 21,26 MWth al utilizar sistemas de recuperación de calor en los gases de escape.

Por el lado de los biocombustibles, desde 2006 el biodiésel es producido en el país. En la actualidad, existen proyectos para la producción de biodiésel a partir de palma de aceite y subproductos de tilapia (Gain Report, 2009). En el país, 540.000 hectáreas son aptas para el cultivo de aceite de palma y 197.700 hectáreas son necesarias para cubrir el 100% de la demanda actual de diésel fósil (B100). Por otra parte, si el biodiésel se basa en la Jatropha, 416.226 hectáreas se necesitarían para la producción de B100. Por lo tanto, la demanda local de biodiésel puede ser satisfecha completamente con la tierra disponible en el país (Ochoa y otros, 2009).

c) Potencial energético de los residuos forestales

La producción de residuos de la industria forestal, utilizables con fines energéticos, proviene principalmente de las actividades de aserrío y de transformación secundaria de la madera (elaboración de muebles, etc.).

El volumen de los residuos generados por la industria de aserrío está entre 40% y 50% del volumen total de la madera procesada. En 2008 se obtuvieron aproximadamente 341.900 m^3 de residuos equivalentes energéticamente a unos 25,72 MWe.

En el país, las experiencias para generación local de energía eléctrica a partir de residuos forestales han sido aplicadas moderadamente y actualmente están funcionando regularmente en algunos aserraderos del país.

d) Potencial energético del café

De acuerdo con el informe del Banco Central de Honduras, en 2007 el café se convirtió en el principal producto agrícola de exportación del país (Banco Central de Honduras, 2011), lo que refleja la importancia del café en la economía, cumpliendo además un importante papel social con los 80.000 productores registrados.

El café se cultiva en 15 de las 18 provincias (departamentos) del país. Del total de los productores, 95,2% son pequeños propietarios con volúmenes de producción menores a 9,2 toneladas; 4,5% son medianos productores con volúmenes de 9,2 a 46 toneladas; y sólo 0,3% (170 productores) son considerados grandes productores con cosechas anuales de más de 46 toneladas. El 93% de la producción se destina a la exportación y el 7% restante se distribuye entre los torrefactores (IHCAFE, 2010a, IHCAFE, 2010b).

En la temporada 2007–2008, se obtuvieron alrededor de 88.000 toneladas métricas de cascarilla disponibles para el uso energético, correspondientes a una generación de energía eléctrica teórica de 62.655 MWh (16 MWe). Aunque en la actualidad el único uso dado a este residuo es en el secado de café en las centrales de acopio.

e) Biogás a partir de desechos animales

El potencial para la generación de energía a partir de biogás proveniente de desechos de ganado y estiércol de aves de corral en Honduras se estima en 72 MW (Agüero, 2009). Sin embargo, no hay proyectos o regulaciones nacionales orientadas a la utilización de biogás a partir de fuentes animales.

3. Prospectiva energética al año 2030

Honduras es un país emergente que tuvo un importante crecimiento del PIB de 5,0% anual entre los años 2000 y 2008, frente al 1,2% entre 1993 y 1999, mientras que su población creció en esos períodos 2% y 2,3%, respectivamente. Ambas variables son las conducentes del sector energético, en particular el PIB sectorial (Salgado, G., 2009).

El estudio de prospectiva se basó en un proceso de modelación de la estructura energética totalmente flexible y adaptado a la realidad nacional, que podrá actualizarse continuamente en función del mejoramiento de la base de información disponible y el avance de los estudios específicos sobre las demandas por subsectores y usos, recursos de energías renovables, alternativas tecnológicas, entre otros.

Partiendo de la situación del año base 2008, se analizan dos escenarios, uno tendencial (*business as usual*) que mantiene las tendencias históricas inerciales, y otro deseado en el que se plantean de manera contrastada supuestos de cambios estructurales en la matriz energética nacional hasta 2030.

Considerando la situación energética y del país descrita en los diagnósticos mostrados anteriormente y dentro de un contexto internacional que señala expectativas de costos crecientes de la energía a largo plazo, así como de los insumos y los bienes de capital necesarios para su producción, transformación, transporte y distribución, el sostenimiento de las tendencias inerciales históricas llevaría a un crecimiento económico lento, con escasos efectos sobre la población y su nivel de vida, con poco o ningún cambio estructural en el sector energético nacional.

En un escenario deseado de mayor crecimiento económico, al 4,1% anual sostenido, con un mejoramiento visible del ingreso por habitante y planteando cambios estructurales relevantes en el sector energía, especialmente a nivel de la demanda, en el largo plazo podrían apreciarse cambios positivos muy significativos en la matriz energética.

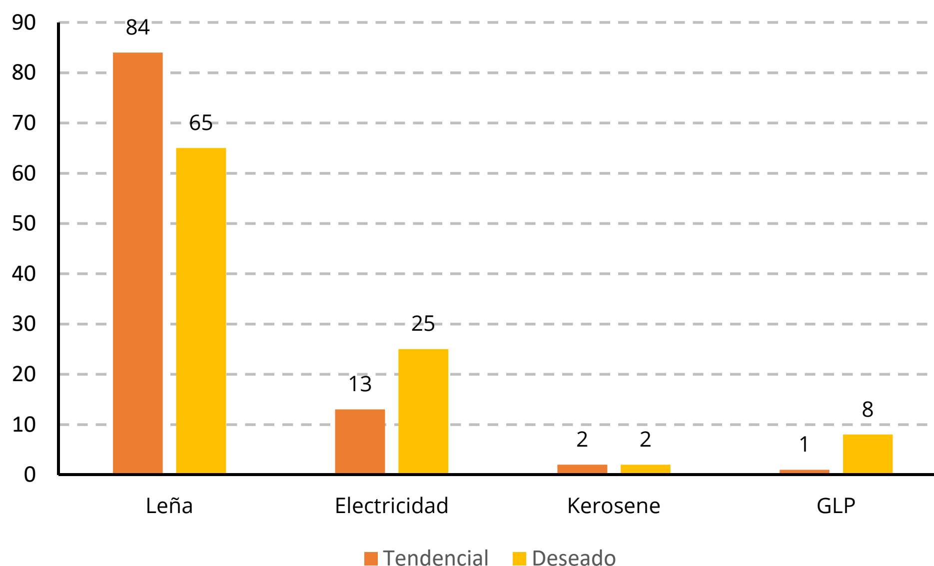
En el sector residencial los cambios siguen dos ejes principales: el aumento del índice de electrificación y la sustitución del intensivo consumo actual de leña por fuentes comerciales más eficientes como el GLP y electricidad.

Por lo tanto, en el escenario deseado el índice de cobertura del servicio eléctrico aceleraría su incremento, llegando a 92% en 2015 y a 95% en pocos años más, y la leña sería sustituida en un 24% por GLP y electricidad al año horizonte del estudio (2030), generando un efecto muy significativo sobre la eficiencia global del consumo energético residencial, el cual sería decreciente en el escenario deseado, frente al crecimiento sostenido en el escenario tendencial.

Asimismo, se producirá un cambio estructural importante comparando ambos escenarios. En el escenario deseado la participación de la leña en el consumo residencial al año horizonte se reduce al 65%, comparado con el 84% en el escenario tendencial, mientras que la electricidad aumentaría en el escenario deseado al 25% frente al 13% del tendencial (véase gráfico VI.2.10).

En el sector transporte se obtendrían cambios significativos mejorando la eficiencia de los vehículos mediante renovación del parque vehicular y la reducción de los recorridos medios, lo que implica mejoras en el transporte público; la introducción de nuevas tecnologías más eficientes y menos contaminantes ya disponibles en el mercado como los automóviles híbridos y eléctricos; el aumento del uso del Diésel en los vehículos particulares y taxis; y la producción y utilización de biocombustibles como el alcohol y el biodiésel.

Gráfico VI.2.10
Honduras: escenarios tendencial y deseado para el sector residencial
Estructura del consumo, 2030
(En porcentajes)



Fuente: Salgado, 2009.

Consecuentemente con los cambios en los principales sectores de consumo, se obtendrán cambios importantes en la composición por fuentes de la demanda final de energía. En ambos escenarios se aprecia un aumento de la penetración de los derivados de petróleo, pero en una proporción más significativa en el escenario deseado, debido al proceso de sustitución de la leña.

En el escenario tendencial los derivados de petróleo crecen su participación con respecto al año base, al 47% en 2030, la leña crece al 37% y la electricidad se mantiene en el 12%, siempre para 2030.

En el escenario deseado los derivados de petróleo aumentan su participación a cerca del 54% para 2030, mientras que la leña reduce su participación al 21%, la mitad que en el año base 2008; la electricidad crece a cerca del 16% y las energías renovables aparecen con un 4%.

Por otra parte, el crecimiento económico significativamente más alto del escenario deseado llevaría a una demanda de 31,4%, mayor que en el escenario tendencial al año 2030, mientras que debido al impacto de las mejoras en los rendimientos en el uso de la energía y las sustituciones por fuentes más eficientes en varios sectores, el consumo del escenario deseado termina siendo un 2,7% menor al del escenario tendencial en 2030.

El consumo de energía eléctrica a 2030 sería un 25% mayor en el escenario deseado con respecto al tendencial. De esta manera, el consumo por habitante de electricidad pasaría de aproximadamente 700 kWh/habitante actual a 850 kWh/habitante en 2030 para el escenario tendencial y 1060 kWh/habitante en el escenario alternativo.

En ambos escenarios, en base a los supuestos realizados, la generación será principalmente hidroeléctrica y termoeléctrica con motores diésel de media velocidad en base a *bunker*. En el escenario deseado aumenta la proporción de hidroelectricidad, requiriéndose anticipar la instalación de varias plantas, aunque al final del período de análisis la generación térmica vuelve a tomar una participación más importante debido a la falta de proyectos hidroeléctricos adicionales conocidos.

Como hipótesis generales de mejora en la eficiencia y el uso de los vehículos, se plantea una mejora continua hasta llegar al 18% en 2030, en el consumo por vehículo para los motores de ciclo Otto, incluyendo la eficiencia termodinámica del motor y el recorrido medio anual o factor de utilización de los vehículos, y del 27% hacia 2030 para los motores de ciclo diésel.

Asimismo, se introduce en el escenario deseado el uso de biocombustibles, llegando el alcohol a reemplazar un 10% de las gasolinas en los motores de ciclo Otto al año 2030 y el biodiésel al 19% en el mismo año para dicho escenario. Las gasolinas, que hoy representan más del 97% del consumo de energía en autos y jeeps, bajarían su participación a menos del 65% a 2030 en el escenario deseado, con un 6% de etanol, 4% de electricidad, 20% de diésel *oil* y 5% de biodiésel.

Por otra parte, en los gráficos 11–13 se muestra que al utilizar las directrices del Panel Intergubernamental de Cambio Climático para inventarios nacionales de gases efecto invernadero (IPCC, 1996), que se encuentran en el software LEAP®, y hacer la prospectiva al año 2030 con las líneas de política mencionadas anteriormente, se consigue una reducción en las emisiones en los sectores transporte, residencial e industria, para algunos años en el período 2008–2030. Aunque, en vista del aumento en el uso de combustibles fósiles en el escenario deseado, habrá un aumento de las emisiones de manera general, por lo que deberá ser necesario implementar medidas de política más agresivas si se quiere lograr una disminución significativa de las emisiones al 2030. Es así como el escenario deseado planteado en este ensayo busca la eficiencia desde el punto de vista energético, pero no desde el punto de vista del cambio climático.

4. Metodología y resultados en la formulación de una política energética para Honduras

a) Metodología para la formulación de la política energética

La metodología empleada para la formulación de la Política Energética de Honduras es la que se esboza en la Guía para la formulación de políticas energéticas OLADE-GTZ (CEPAL, OLADE, GTZ, 2003).

Este método plantea como premisa inicial que es una responsabilidad del Estado el diseño y la puesta en práctica de la política energética y que no se puede dejar en manos de actores privados la asignación y el uso de los recursos a través de sus decisiones descentralizadas. Pero, por otra parte, el diseño de la política energética requiere la participación de todos los actores, tomando en cuenta la importancia de las interacciones del sistema energético con la economía, la sociedad, el ambiente y la política. Así que el proceso de formulación debe ser amplio, participativo y socializado debidamente, para que sea aceptado y promovido por todos.

Para la formulación de la política se parte del hecho que no se está bien con lo que se tiene y que existe un horizonte deseado al que se quiere llegar. El diseño de la política gira entonces en torno a tres preguntas estrechamente relacionadas:

a) ¿De qué se parte?

b) ¿A qué se aspira?

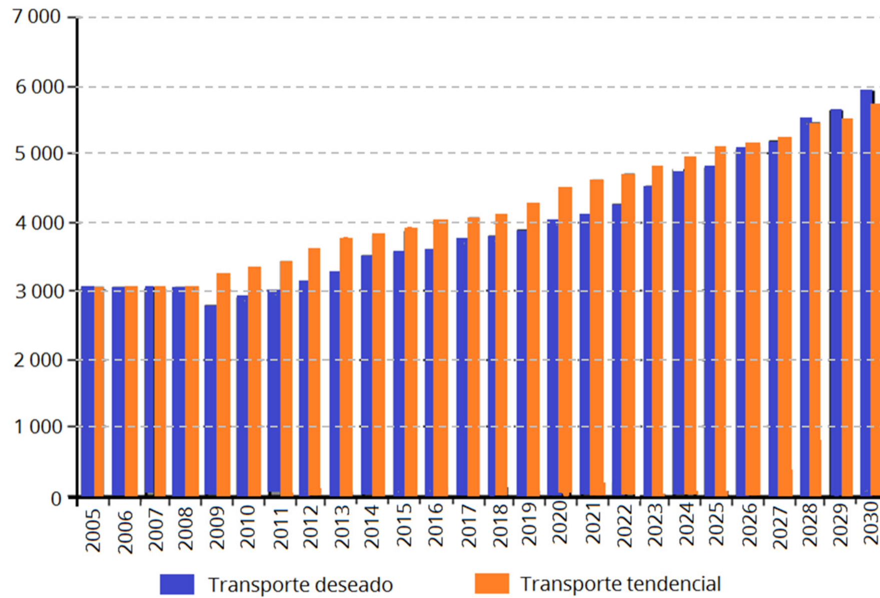
c) ¿Cómo actuar?

La figura VI.2.1 muestra los factores clave en la formulación de la política energética, los cuales están íntimamente relacionados con las tres preguntas planteadas anteriormente.

Gráfico VI.2.11-A

Escenarios tendencial y deseado para las emisiones de gases de efecto invernadero del sector transporte

(En miles de toneladas de CO_2 equivalente)

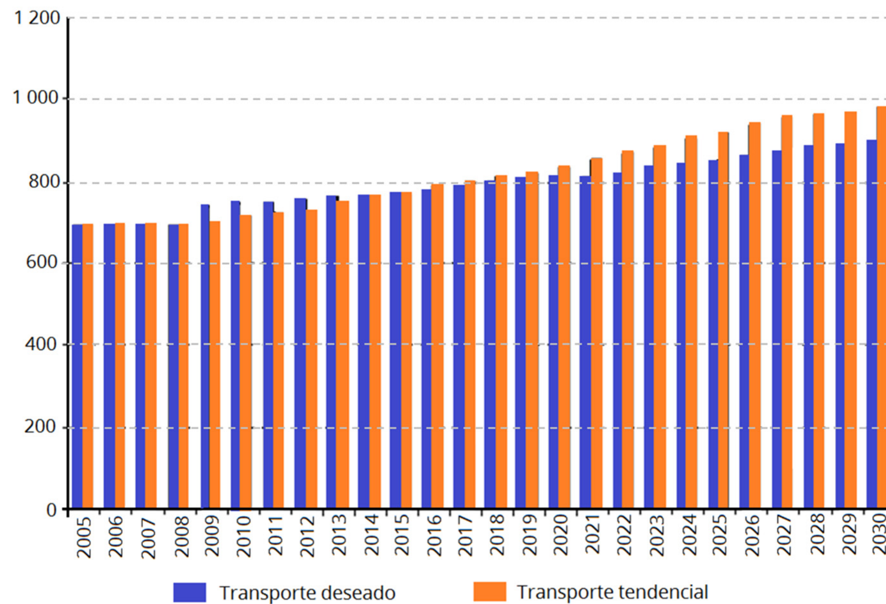


Fuente: Elaboración propia.

Gráfico VI.2. 11-B

Escenarios tendencial y deseado para las emisiones de gases de efecto invernadero del sector residencial

(En miles de toneladas de CO_2 equivalente)

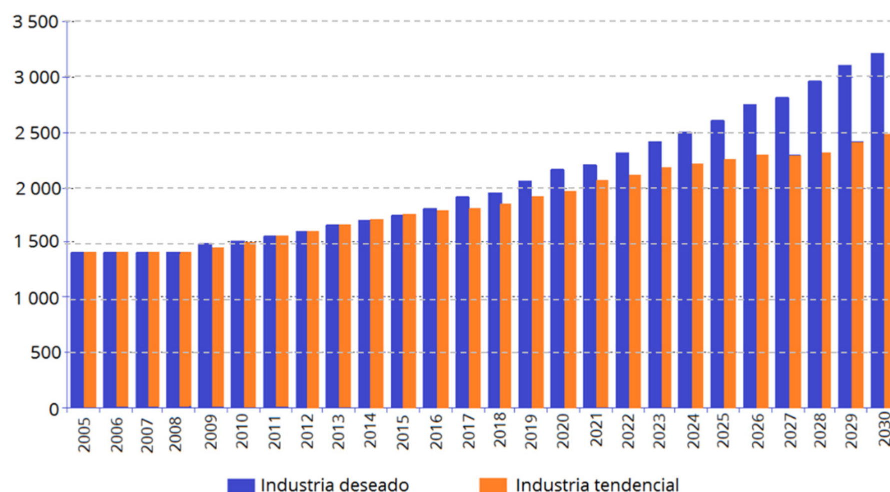


Fuente: Elaboración propia.

Gráfico VI.2.12

Escenarios tendencial y deseado para las emisiones de gases de efecto invernadero del sector industria

(En miles de toneladas de CO_2 equivalente)

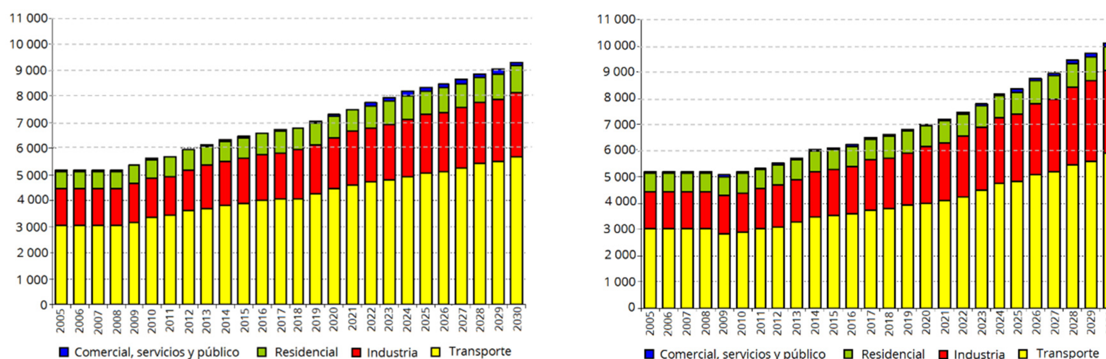


Fuente: Elaboración propia.

Gráfico VI.2.13

Escenarios tendencial (izquierda) y deseado (derecha) para las emisiones de gases de efecto invernadero considerando todos los sectores

(En miles de toneladas de CO_2 equivalente)



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la metodología, *las condiciones de borde* son factores externos al ámbito de acción de la política y que difícilmente pueden ser cambiadas. *Los objetivos* se consideran como imágenes del presente ubicadas en el futuro. *Las líneas estratégicas* describen cómo transitar de las situaciones negativas del presente a los estados deseados de futuro; *las metas* permiten medir los logros de corto y mediano plazo en dirección a aquellos estados deseados de futuro; *los instrumentos* constituyen el con qué se da operatividad a las líneas estratégicas complementados con las *actividades* específicas por cada instrumento.

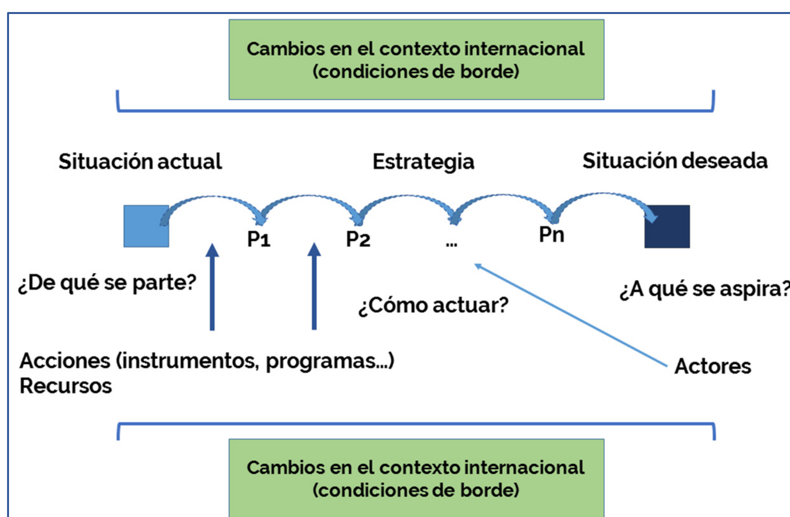
Tomando en consideración lo anterior, para la formulación de la Política Energética de Honduras se han seguido los siguientes pasos:

a) en primer lugar, y como ya vimos en la sección anterior, se realizan los diagnósticos sectoriales en cada una de las áreas específicas;

b) los resultados de los diagnósticos fueron socializados y discutidos en talleres con la presencia de los actores principales en cada una de las áreas. Las conclusiones y recomendaciones de los talleres fueron consideradas para la validación de los problemas, y

c) al tener la información validada y socializada de los diagnósticos se procedió a identificar los principales problemas del sector energía con ayuda de la matriz del cuadro VI.2.2.

Diagrama VI.2.1
Factores clave en la formulación de una política energética



Fuente: CEPAL, OLADE, GTZ, 2003.

Cuadro VI.2.2
Matriz de identificación de problemas en el sector energía

Elementos del problema / Ámbito o dimensión	Definición del problema	Manifestación del problema	Causas	Actores involucrados
Estrictamente energético				
Económico				
Social				
Ambiental				
Político-Institucional				

Fuente: CEPAL, OLADE, GTZ, 2003.

Bajo estos problemas (15 en total, en el caso específico de Honduras), fueron condensados todos los principales problemas sectoriales que se encontraron en los diversos diagnósticos y que se validaron en los talleres, para luego ser presentados como las prioridades que debe afrontar la política energética.

Una vez definidos estos principales problemas se procedió a la redacción de la *visión de política* para definir la situación deseada a la cual se quiere llegar mediante la intervención de la política energética. Luego, asociados a esta visión y tomando en consideración la solución de los problemas principales, se plantearon cinco objetivos generales y 26 objetivos específicos, mismos que dieron paso a la formulación de 159 líneas estratégicas. Estas líneas estratégicas se identificaron por cada uno de los objetivos específicos, que a su vez están ligados a un objetivo principal, con la ayuda del uso de la matriz de identificación de líneas estratégicas (véase el cuadro VI.2.3).

Cuadro VI.2.3
Matriz de identificación de líneas estratégicas

Objetivo específico *j*	**Factores internos**	**Debilidades**			**Fortalezas**		
Factores externos		**Debilidad 1**		**Debilidad *n***	**Fortaleza 1**	**---**	**Debilidad *n***
	Amenaza 1	LE1, LE6		LE1			LE4
Amenazas			LE8			LE7, LE8, LE9	
	Amenaza **n**	LE3, LE6	LE1, LE2, LE3	LE7			LE5
	Oportunidad 1	LE6	LE4		LE2, LE3, LE4	LE9	
Oportunidades	...		LE4, LE3		LE5		LE6
	Oportunidad **n**	LE5, LE4, LE6, LE1		LE3		LE12	

LE1= línea estrategia 1 • LE2= Línea estrategia 2 • LEn = Línea estrategia n
Los cuadros vacíos corresponden a situaciones que no requieren una intervención particular.

Fuente: CEPAL, OLADE, GTZ, 2003.

Las líneas estratégicas se obtienen al realizar un análisis FODA basado en las condiciones de borde como «amenazas y oportunidades» y la realidad interna del sector como «debilidades y fortalezas».

Una vez obtenidas las líneas estratégicas, se procedió a definir las diversas posibilidades para llevarlas a la práctica, es decir, instrumentarlas. A cada una de ellas se le asignó uno o varios instrumentos de política que permitieran llevarlas a cabo. De este procedimiento se obtienen 280 instrumentos. Para ello, la ayuda metodológica utilizada fue el cuadro de identificación de líneas estratégicas e instrumentos (véase el cuadro VI.2.5).

Cuadro VI.2.5
Matriz de identificación de líneas estratégicas e instrumentos

Ítem	**Código línea estratégica**	**Descripción**	**Código instrumento**	**Instrumentos**	**Relación**	
					Objetivo general	Objetivo específico
1	LE1-1		I1-1		1	1.1
			I1-2		1	1.1
			I1-3		1	1.1
2	LE1-2		I1-4		1	1.1
3	LE1-3		I1-5		1	1.1

Fuente: CEPAL, OLADE, GTZ, 2003.

Luego, para cada uno de los instrumentos se asignaron las actividades principales que se tienen que realizar para ponerlos en práctica. De este procedimiento se obtienen 586 actividades y a cada una de ellas se le asignó un presupuesto estimado, con un tiempo de duración y sus actividades predecesoras respectivas. Esto dio lugar a la formulación del Plan Energético Nacional a 2030.

Como se mencionó anteriormente, previo a la implementación de la metodología mostrada hasta este punto, fue necesario plantear la visión de la política energética hondureña, con la finalidad de contar con una guía en la cual se basará todo el análisis. La visión surgió a partir de la realización de un taller en el cual participaron los principales actores del sector energético hondureño, convergiendo en la siguiente visión: [Honduras debe ser] «…un país que sea capaz de ofrecer oportunidades de desarrollo humano, reducción de la pobreza, la protección de la vulnerabilidad del medio ambiente, asegurando a su gente el acceso adecuado a los bienes y servicios, esenciales para una vida digna y el crecimiento económico sostenido, basado en el uso sostenible de los recursos naturales dentro de un marco de transparencia y la participación plena y activa de todos los hondureños. En el desarrollo del sector energético, esta visión tiene como objetivo lograr una menor dependencia de las importaciones de energía a través del uso sostenible de los recursos naturales en el suministro nacional de energía, la mejora gradual de la cobertura de las necesidades básicas de energía, eficiencia energética y la gestión adecuada de su organización institucional» (Flores, W. y otros, 2011).

Una vez planteada la visión de la política energética, surgieron los objetivos generales de la misma, los cuales se muestran a continuación:

a) constituir una institución que lidere, facilite, promueva y coordine la formulación y planificación de una política energética nacional integral; desarrollando el marco jurídico adecuado en consonancia con el desarrollo del sector energético;
b) lograr, a través de un enfoque integrado, una mayor participación de los recursos renovables en el balance energético y formular un plan para promover la eficiencia y el uso racional de la energía, reduciendo así la dependencia de combustibles importados, incrementando la producción de electricidad procedente de fuentes renovables y la mejora de la sostenibilidad de largo plazo en la oferta y los recursos;
c) garantizar el suministro de petróleo, en la calidad y la diversidad de fuentes, para asegurar el desarrollo sostenible, teniendo en cuenta la equidad social, la gobernanza y el impacto ambiental;
d) lograr avances significativos en el acceso a la energía para las zonas rurales y urbano-marginales, especialmente de la electricidad, en el contexto de estrategias de desarrollo integrado de actividades productivas y de infraestructura social básica, y
e) lograr, a través de un enfoque integrado, una gestión adecuada del sistema de transporte, tanto público como privado, mejorando los sistemas de carreteras, la introducción de medidas orientadas a la eficiencia en el consumo de combustible y control de las emisiones.

a) Duración y costos del plan energético al 2030

El costo total para la ejecución del plan energético al 2030 se estima en 4.946 millones de dólares y el tiempo para su ejecución de 14 años. El plan también considera el desarrollo de una nueva estructura en el sector energético, así como la instalación de potencia eléctrica en el orden de 3.000 MW. La inversión total necesaria para la instalación de esta potencia es de unos 4.285 millones de dólares, costo incluido en el costo total del plan energético.

b) Propuesta de una nueva estructura del sector energía

La necesidad de una nueva estructura en el sector energético en Honduras ha sido identificada. En la actualidad hay una gran dispersión en el proceso de toma de decisiones y en la gestión de los proyectos y las inversiones futuras en el sector energético nacional (Álvarez, 2009). Para el buen desempeño de estas inversiones se propone el fortalecimiento del sector mediante la creación de una entidad pública dedicada exclusivamente a la formulación, aplicación y actualización permanente de una política nacional energética sostenible. Esta entidad, de manera eficiente deberá aprovechar los recursos existentes para garantizar la calidad del servicio.

Por lo tanto, se estima que es imprescindible la creación de un organismo a nivel de Secretaría de Estado responsable de todas las actividades de energía, cuya competencia primordial debería estar orientada fundamentalmente a la formulación, coordinación, ejecución y evaluación de las políticas relacionadas con la protección y la utilización de fuentes de energía con recursos renovables, la transmisión de energía eléctrica, exploración, explotación, transporte, almacenamiento y comercialización de hidrocarburos.

Por lo tanto, dentro de la política energética propuesta para Honduras, también se propone la creación de un ministerio de energía. Es claro de que pese a haberse identificado la necesidad de este Ministerio, su creación es una decisión política.

D. Conclusiones

A lo largo del presente artículo se muestran los distintos diagnósticos del sector energético en Honduras, teniendo en cuenta el transporte terrestre, hidrocarburos, electricidad, electrificación rural, el uso de la leña, biomasa y biocombustibles.

Asimismo, se muestran los resultados más relevantes del análisis de prospectiva energética a 2030, para lo cual se utilizó el software LEAP ®. Por último, se muestran la visión y los objetivos de la política energética a 2030. Es así como con estos resultados y el control necesario para aplicar la política energética, el Gobierno de Honduras cuenta ya con una herramienta para planificar a largo plazo y de una manera sostenible el sector energético.

Además, se presenta una propuesta para modernizar el sector energético, mediante la creación de un ministerio de energía en el que se tomarían de manera centralizada y ordenada las decisiones relativas al sector, evitando la dispersión en el marco actual de toma de decisiones.

Como se puede observar en todo el artículo, los problemas de Honduras desde el punto de vista energético son viables de solucionar con una adecuada planificación, ya que el país cuenta con una cantidad adecuada de recursos naturales para la autosuficiencia y hay potencial para mejorar los procesos que intervienen en el uso, generación y transmisión de la energía. Por lo tanto, mediante una planificación adecuada se puede mantener la sostenibilidad de los recursos naturales, sin afectar negativamente a las próximas generaciones.

Por último, este trabajo muestra el instrumento más valioso que el Estado de Honduras tiene para planificar el sector energético: Una política energética de largo plazo. Por lo tanto, el siguiente paso debería ser la aplicación y mejora continua de esta política, a fin de reducir la vulnerabilidad y la dependencia energética del país, colocándolo en una mejor posición para enfrentar los desafíos del siglo XXI.

E. Bibliografía

AETS/BCEOM/EDE Ingenieros (2009), «Caracterización de la demanda de electricidad en Honduras», *Proyecto GAUREE 2*, en base de datos de ENEE.

Aguilera, P. (2009), «Diagnóstico del subsector hidrocarburos», en base de datos de DGE-Honduras.

Agüero, S. (2009), «Diagnóstico del uso energético de la biomasa», en base de datos de DGE-Honduras.

Álvarez, E. (2009), «Una nueva estructura para el sector energético de Honduras», en base de datos de DGE-Honduras.

Andara, C. (2009), *«Geothermal energy in Honduras —Alternative resource for different purposes—»*, copia del autor.

Banco Central de Honduras (2011), véase: <www.bch.hn/index.php>.

CEPR (Center for Economic and Policy Research) (2009), «Honduras: Recent Economic Performance», véase: <www.cepr.net/documents/publications/honduras-2009-11.pdf>.

COMMEND (Community for Energy, Environment and Development) (2011), «LEAP software» véase: <www.energycommunity.org/>.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (2010), Octaviano, Claudia. *Análisis general de las externalidades ambientales derivadas de la utilización de combustibles fósiles en la industria eléctrica centroamericana* (LC/MEX/L.983) [en línea], <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/26039/6/M20110017_es.pdf>.

________ (2009), «Istmo centroamericano: las fuentes de energía renovable y el cumplimiento de la estrategia 2020» (LC/MEX/L.953) [en línea], <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25897/1/LCmexL953_es.pdf>

________ (2008), «Istmo centroamericano: Estadísticas de hidrocarburos» (LC/MEX/L.934) [en línea], <www.cepal.org/es/publicaciones/25969-istmo-centroamericano-estadisticas-hidrocarburos-2008>.

________-SICA (Sistema de la Integración Centroamericana) (2007), «Central American sustainable energy strategy to 2020» [en línea], <www.ceaconline.org/pdf/Doc_Relevantes/EstrategiaCentroamericana2020.pdf>.

________ (2004), *Perspectivas de un programa de biocombustibles en América Central* [en línea], <www.eclac.cl/publicaciones/xml/9/14459/L606-1.pdf>.

________ -OLADE (Organización Latinoamericana de Energía)-GTZ (2003), *Energía y desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe: Una guía para la formulación de políticas energéticas*, [en línea], <www.eclac.cl/publicaciones /xml/8/15138/lcg2214e.pdf>.

DGE (Dirección General de Energía-Honduras) (2009), «Balance energético 2009», Base de datos DGE-Honduras.

ENEE (Empresa Nacional de Enegía Eléctrica) (2011a), <www.enee.hn/>.

________ (2011b), «Capacidad instalada en el sistema de potencia de Honduras» [en línea], <www.enee.hn/Estadisticas2009/ estadísticasPDF_2009/CUA1_2009%20.pdf>.

________ (2011c), «Ley marco del subsector electricidad en Honduras» [en línea], <www.enee.hn/PDFS/Ley%20Marco%20 Sub-Sector%20Electrico.pdf>.

________ (2011d), «Ley para la producción y consumo de biocombustibles en Honduras» [en línea], <www.enee.hn/PDFS/Leyes/ley_bio.pdf>.

ESMAP (Energy Sector Management Assistance Program) (2010) [en línea], «Honduras: temas y opciones del sector energía»,

<www.esmap.org/esmap/sites/esmap.org/files/FR333-10_Honduras_Power%20Sector%20Issues%20&%20Options_0.pdf>.

Flores, M. (2009), «Diagnóstico del sector transporte en Honduras», en Base de datos DGE-Honduras.

Flores, M. y otros (2005), «Inventory of emissions and sinks of greenhouse gases for Honduras 1995», Ministerio de Recursos Naturales y Ambiente, UNDP-GEF Project HON/97/g31.

Flores, W. and others (2010), «Initiatives in the rational use of energy in Honduras», *IEEE Latin America Transactions, Vol. 8, N° 5*, September.

Flores, W. and others (2011), «Sustainable energy policy in Honduras: diagnosis and challenges», *Energy Policy Journal,* Vol. 39, Issue 2, February, pages 551-562.

Gain Report (2009), «Honduras biofuels annual» [en línea], <gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications /General% 20Report_Tegucigalpa_Honduras_5-28-2009.pdf>.

Globeleq Mesoamerica Energy (2011) [en línea], <www.mesoamericaenergy.com/EN/projects/cdh/cerro_de_hula_ honduras.html>.

IDB (Inter-American Development Bank) (2003), «Keeping the lights on: Power sector reform in Latin America» [en línea], <idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=419933>.

IEA (International Energy Agency) (2009), *World Energy Outlook*.

IHCAFE (Instituto Hondureño del Café) (2010a), «Cosecha de café 2008-2009: productores, área cultivada y producción por departamento» [en línea], <www.cafedehonduras.org/ihcafe/administrador/aa_archivos/documentos /produccion_cosecha_2008-2009.pdf>.

________(2010b), «Informe anual. Cosecha de café 2008-2009» [en línea], <www.cafedehonduras.org/ihcafe/administrador /aa_archivos/documentos/informe_cierre_%202008_2009.pdf>.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (1996), «Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero» [en línea], <www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6.html>.

Laughlin, A. William and Goff, Sue J. (2003), «Recent geothermal investigations in Honduras: an overview», *Journal of Volcanology and geothermal research*, Vol. 45, Issues 1-2, pages 1-9.

Ochoa, J. y otros, IDB Support (2009), «Evaluación del impacto de la producción y comercialización del biodiésel en el mercado de Honduras».

OLADE (Organización Latinoamericana de Energía) (2010), «Asistencia técnica sobre lecciones aprendidas y recomendaciones para el desarrollo de proyectos de estufas eficientes en Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Panamá».

_______(2009), «Energy statistics report».

Pampagrass, S. A. (2009), «Análisis del mercado de energía renovable en Honduras» [en línea], <www.proyectoareca.org/uploaded/content/article/2037190973.pdf>.

Rodríguez, J.A. and A. Herrera (2007), «Lectures on geothermal in Central America» [en línea], *Training Program, N° 2,* Reports 2007, United Nations University <www.os.is/gogn/flytja/JHS-Skjol/UNU%20Visiting%20Lecturers /02Tono01.pdf>.

Salgado, G. (2009), «Prospectiva energética de Honduras» [en línea], <www.energycommunity.org/default.asp?action=45>.

Sanders, A. (2011), «En comunicación oficial en Centro Zamorano de Energía Renovable», Honduras.

Sanders, A. (2009), «El sector de los biocombustibles en Honduras», Centro Zamorano de Energía Renovable, Honduras.

SWERA Project (2008a), «Evaluation of Wind and Solar potential in Honduras», *Database of Department of Physics*, Tegucigalpa, Honduras, Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH).

SWERA Project (2008b), «Map of wind potential in Honduras» [en línea], <www.nrel.gov/wind/pdfs/honduras.pdf>.

Zelaya, M. (2009), «Diagnosis of isolated systems and rural electrification», *Database of DGE-Honduras*.

Artículo VI.3
Energía y desarrollo: evidencia empírica para Cuba en el contexto regional

José Somoza Cabrera *
Centro de Estudio del Medioambiente
Universidad de La Habana

Resumen

El presente ensayo pasa revista a la situación energética en América Latina y Caribe a la luz de la relación demanda energética y desarrollo, identificando las tendencias fundamentales y barreras, permitiendo aportar elementos relevantes para una mejor compresión de los vínculos energía economía, sociedad y medio ambiente, y proponer recomendaciones que sirvan a las autoridades responsables, en la implementación de medidas correctivas de posibles desequilibrios a nivel macroeconómico y sectorial.

Queda de manifiesto en el estudio, a escala regional, que si bien las reformas acometidas en los subsectores eléctrico y petrolero, emerge un sector energético con mayores niveles de eficiencia técnica y económica, también se observa importantes vacíos en materia de equidad, acceso de la población a la energía, marco regulatorio y legislación ambiental, resultante de la reducción del papel del Estado en la provisión de servicios públicos y el manejo de los recursos estratégicos.

En Cuba, los resultados validan la tendencia de reducción de la intensidad energética que se viene registrando desde mediados de la década de 1990. La combinación de cambios estructurales, favorables al incremento de la participación de actividades menos intensivas en el uso de la energía, el mayor aprovechamiento de las capacidades de producción instaladas, y la materialización de medidas y programas de ahorro, son los factores responsables de este comportamiento.

No obstante, la demanda de energía por habitante, tanto en la región como en Cuba, continuará creciendo antes de alcanzar el «punto de retorno», lo que está indicando gran relevancia del tema de la energía dentro de las prioridades de política económica y ambiental.

A. Introducción

En la actualidad nadie duda de la relevancia que tiene el tema de la energía para asegurar el funcionamiento cotidiano de la sociedad, y de los esfuerzos por encontrar una senda sostenible para desarrollo futuro. Desde el ciudadano común hasta las autoridades económicas y políticas, todos reconocen que no es posible desarrollarse sin tomar en cuenta los acontecimientos que en este campo ocurren, y de la importancia que a futuro reviste la energía tanto para la sostenibilidad de los hogares como para el equilibrio de los mercados y la viabilidad del desarrollo armónico de las naciones.

Se puede caracterizar de forma resumida las principales presiones que actúan sobre las naciones, y que recaban de importantes esfuerzos en la profundización del conocimiento de las relaciones subyacentes entre la demanda de energía y el desempeño socioeconómico a niveles macro y microeconómico, y sus consecuencias a mediano y largo plazo sobre el medio ambiente, de forma

* Contacto: Tel. 831 2041 ● C.E.: pepes@imre.oc.uh.cu.

tal de encontrar soluciones en el marco del diseño de políticas. En este sentido se pueden distinguir los siguientes dilemas:

a) la relevancia de los energéticos comerciales y la insuficiencia de las fuentes renovables (incluso de la energía nuclear), para sustituirlos masivamente en un plazo razonable. Barreras a la introducción de las nuevas tecnologías, incentivos insuficientes, y voluntad política en apoyo a la penetración de las nuevas tecnologías;
b) alta volatilidad en los precios fundamentales de la economía, incluyendo el de los energéticos, e incertidumbres asociadas con la escasez, especulación, los propios precios, las expectativas y los temas de geopolítica relacionada con el control de las zonas petroleras y las rutas para su abastecimiento, y
c) finalmente, las presiones medioambientales: calentamiento global y cambio climático, contaminación local.

La importancia que reviste el tema energético en América Latina y el Caribe está dada por las interrelaciones existentes entre la energía y la dimensión económica del desarrollo sostenible, la que se sitúan en varios planos. En el plano político, el sector energía es objeto de muchas preocupaciones con relación a la situación de dependencia y desequilibrio de poderes, que se puede expresar a nivel de países exportadores o importadores netos; a nivel de grupos económicos, esto es, productores y consumidores, entre reguladores y regulados, y hasta a nivel de Estado y empresas importantes del sector.

En el plano macroeconómico, el sector energía tiene una fuerte incidencia en los temas de balanza de pagos y situación del sector externo y de los ingresos fiscales, así como en los gastos e inversiones del sector público. Si bien es cierto que las expectativas sobre el sector energía como motor principal del crecimiento no se cumplieron, si, en la actualidad, el aporte del sector al desarrollo económico es notable, pues además de poner a disposición de la economía la energía suficiente en cantidad y calidad, genera beneficios e inversiones que incorporan el progreso técnico y articulan con otros sectores, aumentando el valor agregado y la competitividad global de las economías.

Finalmente, a nivel microeconómico, el desempeño del sector energía resulta crucial, sobre todo por su papel de suministrador confiable de portadores energéticos (en cantidad, calidad y oportunidad), a partir de un funcionamiento óptimo, lo que significa alcanzar la eficiencia productiva (mínimo costo), asignativa, así como la eficiencia técnica en productores y consumidores finales.

La región —no obstante poseer importantes reservas y potenciales de energía en forma de petróleo y gas (casi el 7% de las reservas probadas se encuentran en su territorio), hidroenergía (los mayores potenciales a nivel mundial se ubican en América del Sur), y de biomasa, y ser una región exportadora neta de petróleo—, presenta una distribución muy asimétrica estos recursos, que combinado con fallidas políticas socioeconómicas, han limitando las vías y dinámicas del desarrollo por sendas sostenibles.

El efecto más notable que provocó la crisis económica de la década de 1980 sobre el sector energía de la región, desencadenante de lo que a la postre se conoció como la «crisis de la deuda externa», fue el cambio en la modalidad de operación y de las estructuras de producción y propiedad prevalecientes en la mayoría de los países latinoamericanos. A este proceso se le ha llamado la reforma o «modernización» del sector energía (Altomonte, 2002).

De forma general, la «modernización» del Estado (i.e., las actividades económicas del Estado), alcanzó áreas consideradas, hasta ese momento, servicios públicos y áreas estratégicas, incluyendo

los subsectores eléctrico y petrolero, y el resto de los sectores de infraestructura (comunicaciones, transporte, agua y alcantarillado), así como parte de la administración pública.

Muy importante en este proceso fue el auge de las privatizaciones en el subsector eléctrico y del gas natural. Las ventas de activos de las empresas energéticas representaron el 25% de los ingresos totales por privatización en el período comprendido entre 1990 y 1996, de los cuales el 14% pertenecen a electricidad y gas natural. En 1995, el 64% de los ingresos por privatización procedían de la venta de activos de empresas eléctricas y de gas natural (Altomonte, 2002).

En la década de 1990, y aún en los primeros años de la década de 2000, existían importantes presiones sobre el desempeño macroeconómico de los países de la región, que pueden interferir con los objetivos sectoriales, en particular con los del sector energético. Por ejemplo, dentro de los objetivos macroeconómicos dominan la obtención del equilibrio fiscal y la reducción de la brecha de la balanza de pagos (en particular, el servicio de la deuda). A los objetivos sectoriales particulares perseguidos por la reforma (aumento de la capacidad de autofinanciamiento, eficiencia productiva, expansión de la oferta y mejoramiento de la calidad del suministro y la seguridad), se agrega también objetivos de carácter social (cobertura del servicio eléctrico, por ejemplo), y ambiental (internalización de los costos de la contaminación proveniente de la quema de combustibles fósiles), por lo que es de esperar que se produzcan nuevos conflictos entre las exigencias de ambos tipos de objetivos.

Las previsiones indican que en el futuro persistirá el proceso de privatización en el subsector eléctrico junto con la venta de activos de otros servicios públicos y de empresas nuevas, no así en el subsector petrolero, donde lo que ha ocurrido en los últimos años en realidad es una tendencia a la recuperación de la soberanía sobre los recursos naturales (petróleo y gas), por parte del Estado (Argentina, el Estado Plurinacional de Bolivia, el Ecuador y la República Bolivariana de Venezuela), y la concertación de proyectos integracionistas, donde el sector energético constituye un importante elemento de atracción y consolidación (Mercado Común Centroamericano, el CARICOM, el MERCOSUR, el ALBA).

Por su parte, en Cuba, en el curso de la década de 1990 e inicios de la década de 2000, tuvieron lugar un conjunto de eventos de diferente signo, cuyo saldo resultó en un cambio en la estructura de la producción que favoreció, al menos aparentemente, la eficiencia energética de la economía.

Entre los eventos más importantes se pueden citar:

a) la crisis económica en que se vio envuelto el país al interrumpirse los vínculos y las condiciones de intercambio y suministro con su principal socio comercial hasta ese entonces repercutió inmediatamente en una sustancial reducción de la importación de portadores energéticos y consecuentemente en una significativa reducción de los niveles de actividad productiva y de servicios;

b) la reestructuración de los programas sectoriales de ahorro y uso racional de energía asociados inicialmente al Programa Nacional de Ahorro de Electricidad de Cuba (PAEC), y posteriormente del Programa de Ahorro de Combustibles;

c) los esfuerzos nacionales en el desarrollo de un renovado programa de inversiones en la prospección, extracción y consumo de petróleo y gas natural que supliera parte del déficit provocado por la reducción en la importación de portadores energéticos y garantizara un cierto nivel de autarquía compatible con los intereses de seguridad nacional. Tales programas en un inicio de alcance bastante limitado se convierten en la piedra angular de lo que en la actualidad se le conoce como «Revolución Energética»;

d) la combinación de factores estructurales (en la organización y producción sectorial), y la maduración de una serie de medidas de ahorro energético, incidieron en «aligerar» la intensidad energética de la economía cubana y su tendencia sostenida a la reducción. Tal combinación trajo como resultado, en los primeros años de la crisis, una brutal caída del consumo energético, como resultado de la contracción de los niveles absolutos de producción y la imposibilidad de mantener los niveles de abastecimientos de energía, lo cual condujo a un reacomodo «espontáneo» de la intensidad energética agregada del producto, con un aporte negativo (en el sentido de incremento de la energía gastada) de la estructura productiva, dado el hecho de que en lo más álgido de la crisis, los principales ingresos por exportaciones de bienes provenían de las actividades tradicionales como el azúcar, la minería (níquel, fundamentalmente) y otras actividades emergentes como fueron el acero y el cemento, todas altas consumidoras de energía;

e) el llamado «período de recuperación» (1994–2000), se caracterizó por: i) el paso a una estructura energéticamente «menos pesada» como resultado de un modesto cambio en la estructura del producto favorable a los servicios (principalmente turismo) que ocurre en este período, y ii) la notable influencia de las medidas de eficiencia, que comienzan a materializarse, sobre el consumo global de la economía (Somoza, 2008), y

f) finalmente, en el período 2000–2006, en un marco de crecimiento del consumo resultante de la expansión productiva, la economía «saltó» hacia una estructura energéticamente más «ligera» y a una franca mejoría de la eficiencia.

La evolución del consumo energético en los diversos sectores arroja indicios que evidencian una relación no lineal entre los crecimientos del PIB y la demanda de energía comercial. Lo anterior se expresa en la marcada reducción de la intensidad energética del producto, a medida que el mismo crece. Tal comportamiento no es «recogido» por las especificaciones tradicionalmente utilizadas (lineal logarítmicas con coeficientes constantes), lo cual está indicando la necesidad de introducir directamente en el modelo un término no lineal para capturar este comportamiento (Somoza, 2007).

En efecto, la evidencia empírica internacional está indicando que la relación entre el consumo de energía de los países y el ingreso por habitante (intensidad energética) no parecen responder a una función lineal o monótona. De hecho, la intensidad energética tiende a incrementarse con el crecimiento del ingreso en las primeras etapas del desarrollo de las naciones, cayendo, posteriormente, en las etapas donde se alcanza un desarrollo económico más maduro, y una estructura económica donde las actividades industriales de mayor valor agregado y los servicios, van incrementando su participación en el producto nacional. Al nivel de ingreso donde se alcanza el valor máximo de intensidad energética, a partir del cual comienza a decrecer con el incremento del ingreso, se le denomina nivel de ingreso «crítico», o «punto de retorno».

B. Breve referencia al marco teórico desarrollo-consumo de energía «comercial»

La idea de que la relación crecimiento económico-demanda de energía y crecimiento-contaminación ambiental sigue un patrón de «U» invertida, es tomada de los estudios de Kuznets, los cuales abordan la relación entre la desigualdad de la renta y el nivel de desarrollo económico.

La hipótesis establece que el nivel de uso de la energía se incrementa con el desarrollo de las naciones, pero dicho nivel de uso de la energía comienza a decrecer con el incremento del ingreso cuando éste sobrepasa un determinado «umbral», o punto crítico o de retorno. En este punto se obtiene el valor máximo de intensidad energética (que en esta relación consumo-ingreso por

habitante representa la pendiente de la curva), a partir de la cual comienza a decrecer con el crecimiento del ingreso, dándole a la relación la forma de «U» invertida.

Es así que, en las primeras etapas de desarrollo, la participación de la industria en la producción total crece a expensas del sector agricultura y, como resultado, el consumo de energía se incrementa (en esta etapa predominan las actividades industriales directamente relacionadas con las llamadas «industrias básicas», con niveles muy altos de intensidad energética). No obstante, en estas etapas de desarrollo, la participación de los servicios se incrementa hasta el punto de alcanzar el peso preponderante en la estructura del producto total. Por su parte, el crecimiento del ingreso genera nuevas demandas por parte de los consumidores, lo que a su vez incidirá en el incremento de la participación en el uso total de energía de los sectores residencial, comercial y del transporte.

El proceso de industrialización está caracterizado por un gran incremento en el consumo de energía. El incremento de la producción de acero, cemento, industrias de alta densidad energética, resultante de la expansión de la infraestructura requiere ciertamente de muchos más insumos de energía por unidad de producto que los métodos de producción de la agricultura tradicional. Así, la intensidad energética del PIB en las etapas iniciales de la industrialización crece.

No obstante, dos hechos importantes se presentan con el incremento del bienestar del consumidor: el primero es que, con el incremento del ingreso por habitante, la parte del presupuesto dedicado a la adquisición de los bienes manufacturado crece. Esto provoca la respuesta del sector industrial en el sentido de que variará la estructura de su producción, para cubrir la nueva demanda de bienes a favor del incremento de la participación de la industria ligera. En segundo lugar, con el incremento del bienestar de la población ocurrirá un crecimiento en la demanda de servicios, los cuales, por lo general, son menos intensivos en el uso de la energía. Así, el efecto combinado de la transición hacia producciones industriales menos intensivas en el uso de la energía y el incremento de la demanda por los servicios induce una reducción de la intensidad energética del PIB.

C. Resultados del estudio empírico para la región (modelo agregado)

El consumo de energía comercial por habitante ha estado caracterizado por dinámicas bastante modestas. Entre 1973 a 1983, primera crisis del petróleo, los países importadores netos de la región mostraron contracción en los ritmos de expansión del consumo por habitante. Esto no fue así en el caso de las «grandes economías» de la región y los exportadores de petróleo netos, los cuales lograron atraer importantes flujos de inversión hacia el sector energético (en especial hacia los grandes proyectos hidroeléctricos), y se beneficiaron con los altos precios de los hidrocarburos en el mercado internacional; y Cuba la que por pertenecer al Consejo de Ayuda Mutua Económica (CAME), tenía garantizado el combustible necesario para la expansión de la economía.

Las características del período 1983–2004 son el resultado de, por una parte, las políticas de ajuste implementadas en la región ante el impacto de la «crisis de la deuda» que regresaron a muchos países a la senda del crecimiento, mientras que, en el caso de Cuba, está reflejando la crisis que se desencadena por la desaparición de las relaciones de intercambio con los países socialistas europeos y, en particular, la Unión Soviética, a comienzos de la década de 1990.

En el caso del ingreso por habitante es posible distinguir desempeños notables vinculados al retorno de los flujos de inversiones y el establecimientos de enclaves productivos, como es el caso de las zonas francas de la República Dominicana, la maquila de INTEL en Costa Rica y la continuación de estas actividades en México (principalmente en la industria automotriz, y la de confecciones), así

como resultados positivos en el desempeño productivo de economías basadas en recursos naturales y manufacturas provenientes de los mismos como en los casos de Chile y Colombia.

Finalmente, el comportamiento de la intensidad energética muestra un resultado positivo, pues —excluyendo Barbados, Jamaica, Panamá y Trinidad y Tabago—, el resto de los países recogidos en la muestra presentan tasas de crecimiento negativas, en algunos casos notables y luego de mostrar un comportamiento contrario en el período 1973–1983, como en los casos de Argentina, el Estado Plurinacional de Bolivia, Colombia, el Ecuador, México y la República Bolivariana de Venezuela.

Los resultados que arroja la aplicación de un modelo del tipo «Mecanismo de Corrección de Error, (MCE)», arroja evidencias de comportamiento no lineal entre la demanda de energía comercial y el crecimiento económico[148]. El resultado arroja un «nivel crítico» del ingreso por habitante bastante mayor (10.000 dólares ppp/por habitante), al reportado por Galli (1998), en su estudio para las economías emergentes de Asia (3.900 dólares ppp/por habitante).

Tal resultado no es sorprendente si se tiene en cuenta la «brecha» entre los niveles de desarrollo existente entre ambos grupos de países, favorables a las economías emergentes de Asia. Además de los factores de carácter ideológico y de comportamientos que diferenciaron los procesos de modernización en ambas regiones, la composición y el papel de la inversión extranjera, y las políticas de promoción de la competitividad, se sustentaron en principios bien contrastados.

Para ilustrar lo anteriormente comentado, resulta pertinente resaltar dos aspectos de capital importancia en el trazado de política económica. El primero hace referencia al papel que jugó el tipo de cambio en el logro de la transformación productiva, en tanto que el segundo está vinculado a la importancia del control sobre los flujos de capitales externos hacia el interior de la economía, en un marco de desregulación inducido (en el caso de América Latina y el Caribe), por las «recetas» dictadas por los organismos financieros supranacionales (Banco Mundial y el FMI), esto es, el peligro que implica la liberalización financiera simultánea al proceso de liberalización comercial en cuanto al logro de los objetivos para alcanzar la transformación productiva (Somoza, 1998).

De manera agregada, el punto de retorno estimado para la muestra de países de la región es superior al valor medio del ingreso reportado para la región (5.902 dólares ppp/hab) entre los años 1970 y 2004, pero inferior al nivel máximo de este indicador reportado en dicho período (18.390 dólares ppp/hab).

A nivel desagregado se pueden identificar claramente dos patrones de comportamiento bien diferenciados. Por una parte, un grupo de países donde se incluyen la mayoría de las naciones con mayores índices de desarrollo, que acusan una relación no lineal entre la demanda de energía comercial y el crecimiento, y, por otra, se distingue un segundo grupo cuyos patrones de desarrollo-demanda de energía siguen una relación lineal (véase el cuadro VI.3.1).

La primera observación está dirigida a las definiciones de desarrollo asumidas por Naciones Unidas y la OLADE. Naciones Unidas construye un índice para caracterizar el nivel de desarrollo humano de los países, para lo cual se utilizan variables económicas, demográficas, políticas y sociales, y donde el ingreso por habitante es un parámetro relevante pero que pondera con otros parámetros que miden el desempeño de la sociedad. Esto explica la dicotomía en la clasificación que se puede observar en el caso de Cuba, ubicada por OLADE, de acuerdo con el nivel de su ingreso por habitante en un nivel medio-bajo, mientras que, de acuerdo con la clasificación del IDH de Naciones Unidas, ocupa el lugar 51, por encima de países como la República Bolivariana de

148 Para la especificación detallada del modelo utilizado, véase Somoza, 2009.

Venezuela, Trinidad y Tabago, y de México, el Brasil, Colombia y Jamaica, clasificados de acuerdo con los criterios de la OLADE como países de alto desarrollo (A) y de desarrollo alto medio-alto (A M-A), respectivamente.

Cuadro VI.3.1
Diversos países: contraste de los resultados - punto de retorno en comparación con el nivel de desarrollo

Países	Clasificación HDI	HDI 2005	Clasificación OLADE (según PIB/hab) [a/]	Punto de retorno (dólares ppp/hab)	Ingreso máximo (dólares ppp/hab)	Coeficiente cuadrático ingreso
Argentina	38	0,869	A-M A	4 055	11 933	-0,102
Estado Plurinacional de Bolivia	117	0,695	B	3 354	3 193	-2,34
Brasil	70	0,8	A-M A	6 757	7 336	-0,669
Chile	40	0,867	A-M A	1 090	11 661	-0,021
Colombia	75	0,791	A-M	4 878	6 186	-2,486
Costa Rica	48	0,846	A-M	3 041	8 341	-0,328
Cuba	51	0,838	MB	5 432	7 240	-0,244
Ecuador	89	0,772	MB-B	18 590	5 014	-0,102
Granada	82	0,777	MB-B	5 948	5 962	-1,652
Guatemala	118	0,689	B	4 046	4 067	-1,09
Haití	146	0,529	B	757	2 612	-0,227
Honduras	115	0,7	B	418	2 445	-0,08
Jamaica	101	0,736	AM	4 782	4 881	-22,76
Mexico	52	0,829	A-M	6 965	8 082	-3,621
República Dominicana	79	0,779	MB-B	524	6 803	-0,109
República Bolivariana de Venezuela	74	0,792	A	6 554	9 496	-2,74
Trinidad y Tabago	59	0,814	A	11 378	14 770	-5,17
Uruguay	46	0,852	A-M A	6 295	11 372	-2,78

Fuente: Elaboración propia.

De manera general el comportamiento a nivel de nación indica que en la mayoría de los casos se reporta un «punto de retorno», esto es, el valor del ingreso para el cual se alcanza el valor máximo de intensidad energética (a partir del cual comienza a declinar), inferior en valor al nivel máximo del ingreso por habitante, lo cual es una evidencia de que en estos países están transitando por una senda de crecimiento donde el consumo de energía comercial por unidad de producto decrece.

Las excepciones son los casos del Estado Plurinacional de Bolivia y del Ecuador, los cuales reportan niveles de retorno muy superiores a los niveles máximos de ingreso alcanzados, por lo que es posible adelantar que el crecimiento económico en ambos países implicara niveles de demanda de energía comercial significativos, antes de alcanzar el nivel máximo de intensidad energética. Otros dos países, Granada y Guatemala, presentan niveles de retorno muy próximos (ligeramente inferiores) a los valores máximos de ingreso por habitante, lo que evidencia el tránsito, muy incipiente, hacia patrones de intensidad energética decrecientes.

El resultado de la estimación de las elasticidades ingresos de estos países se presenta a continuación, en contraste con los valores obtenidos por Galli, para los países «emergentes» de Asia (véase el cuadro VI.3.2).

Cuadro VI.3.2
Contrastes entre modelos: elasticidades ingreso de largo plazo

Galli, Asia Oriental				Estudio, América Latina y Caribe			
	1973	**1990**			**1973**	**1990**	**2002**
Bangladesh	1,904	1,579		Argentina	0,912	0,845	0,911
India	1,885	1,630		Chile	0,931	0,928	0,922
Indonesia	1,854	1,390		Uruguay	1,210	-0,289	-1,665
Corea del Sur	1,366	0,736		Costa Rica	0,554	0,518	0,356
Malasia	1,251	0,878		Cuba	1,415	0,964	1,064
Paquistán	1,808	1,577		México	-1,242	-1,278	-1,406
Filipinas	1,526	1,451		Trinidad y Tabago	4,168	3,356	-1,668
Srilanka	1,635	1,358		Brasil	1,514	0,891	0,933
Taiwan	1,181	0,634		Rep. Bolivariana de Venezuela	0,196	0,316	0,873
Tailandia	1,486	1,072		Colombia	2,241	0,538	-0,072
				República Dominicana	0,613	0,532	0,436
				Granada	3,159	2,316	0,978
				Ecuador	1,519	1,436	1,442
				Jamaica	0,194	6,560	3,101
				Honduras	0,748	0,722	0,734
				Edo. Plurinacional de Bolivia	2,004	2,178	1,501
				Guatemala	1,349	1,304	1,094
				Haití	0,615	0,572	0,610

Fuente: Elaboración propia.

En primer término, se observa que no hay diferencias importantes en los valores de elasticidad. Mientras que en la muestra de Galli casi todos los valores son positivos y mayores que la unidad, en los países de la muestra de países latinoamericanos los casos de Colombia, México, Trinidad y Tabago y el Uruguay presentan valores negativos. Por su parte, la mayoría de los países de la región presentan valores de elasticidad ingreso menores que la unidad; y en todos los casos la tendencia de la elasticidad entre 1973 y 2002, es decreciente, con excepción de los casos de Jamica y la República Bolivariana de Venezuela.

Por otra parte, es notable la reducción registrada en la elasticidad ingreso de la demanda entre 1973 y 1990, en la mayoría de los países que conforman la muestra de Galli. En los países de la región ocurre un proceso similar, en particular en México, Uruguay, Trinidad, Colombia y Costa Rica, donde se reportan reducciones importantes de la elasticidad ingreso de la demanda de energía comercial, denotando que en estos países se transita a una estructura productiva menos exigente en cuanto al uso de energía por unidad de producto. En el caso de Costa Rica tiene mucho que ver el incremento del peso de la maquila de equipamiento de alta tecnología, con la entrada de INTEL, en el producto agregado nacional.

En el caso de México, es notable la tendencia a la reducción de la elasticidad ingreso por las implicaciones sobre todo medio ambientales, teniendo en cuenta que esta nación presenta uno de los mayores niveles de emisiones por habitante en la región, y en particular, la Ciudad México califica entre las diez capitales más contaminadas del mundo. Son conocidos los cambios ocurridos en la estructura del producto en los últimos 30 años en la economía mexicana, tendiente a una reducción del peso de las industrias intensivas en el uso de la energía y relativamente bajos niveles de valor agregado, en especial la química y petroquímica (incluyendo toda la actividad extractiva y refinadora del petróleo y del gas natural), a favor de actividades maquiladoras y de servicios, con una relación más favorable demanda energética-valor agregado.

En resumen, los resultados obtenidos del análisis de la demanda de energía comercial, a nivel agregado, ofrecen evidencias de un comportamiento no lineal. Este comportamiento se verifica a nivel individual de la mayoría de los países que conforman la muestra utilizada en el estudio. Aunque entre las naciones con evidencias de comportamiento no lineal entre demanda de energía comercial e ingreso se ubican países de bajo nivel de desarrollo (medido tanto por el IDH de las Naciones Unidas como por la clasificación de otras instituciones internacionales como la OLADE), la mayoría corresponden con países de alto nivel de desarrollo, entre ellos las mayores economías de la región, como Argentina, el Brasil, Colombia, México y la República Bolivariana de Venezuela, responsables del 83% del PIB, del 80% de la demanda de energía comercial final y del 79% de las emisiones de CO_2, proveniente de la quema de combustible fósil en los sectores de uso final de la región, respectivamente.

Estos resultados son relevantes por sus implicaciones positivas sobre el mercado mundial de energía comercial (especialmente del petróleo y el gas natural), así como en cuanto a las presiones sobre el medio ambiente global resultante de las emisiones provenientes del sector energía por la quema de combustibles fósiles.

Los resultados a nivel agregado también indican evidencias de procesos generalizados de reducción de la elasticidad ingreso de la demanda, y tendencias a la reducción de la intensidad energética. En la mayoría de los países estudiados el valor del «punto de retorno» es inferior al nivel máximo del ingreso por habitante registrado en el período estudiado (Somoza, 2009).

D. Resultados a nivel desagregado

Para explicar la demanda final de energía comercial agregada para los países de América Latina y el Caribe que forman parte de la OLADE, se brindan los coeficientes de largo plazo resultantes de la implementación de un modelo de cointegración, contrastados con los reportados por Medlock y Soligo (2001) (véase el cuadro VI.3.3).

Cabe recordar que el trabajo de Medlock y Soligo fue realizado para un total de 28 países pertenecientes a las regiones de Asia Pacífico (Australia, China, India, Pakistán y las economías «emergentes» de Asia Oriental), Europa, América del Norte y América del Sur, y cubre un período que va de 1978 a 1995, mientras que el correspondiente a América Latina y Caribe incluye los 24 países que son miembros de la OLADE y un marco temporal que va de 1970 a 2002. Por cierto, solo hay dos países que son comunes a ambos estudios (el Brasil y México)[149].

[149] La especificación utilizada en el caso del estudio de Medlock y Soligo es un modelo de efectos fijos con ponderación por sección cruzada y método de mínimos cuadrados en dos etapas. En el caso del estudio para América Latina y Caribe se utilizó una especificación similar (efectos fijos), y método de mínimos cuadrados ordinarios.

Cuadro VI.3.3
Coeficientes de largo plazo

	Precio	Ingreso	Ingreso^2
Medlock & Soligo			
Residencial y Comercial	-1,3263	6,5424	-0,3136
Transporte	-0,5200	2,7483	-0,1042
Industrial y otros	-0,2700	3,8760	-0,2005
América Latina y Caribe			
Residencial	-0,1345	2,364	-0,107
Comercial	-0,096	38,34	-2,149
Transporte	-0,154	2,608	-0,154
Industrial y otros	-0,04	10,493	-0,568

Fuente: Elaboración propia.

Del análisis comparativo se tienen los siguientes elementos: la elasticidad precio de largo plazo, para todos los sectores es notablemente inferior en los países de América Latina y Caribe que los presentados por Medlock y Soligo, especialmente en el caso del sector industrial. Este aspecto está alertando sobre las posibles insuficiencias de las políticas de precios para regular el consumo.

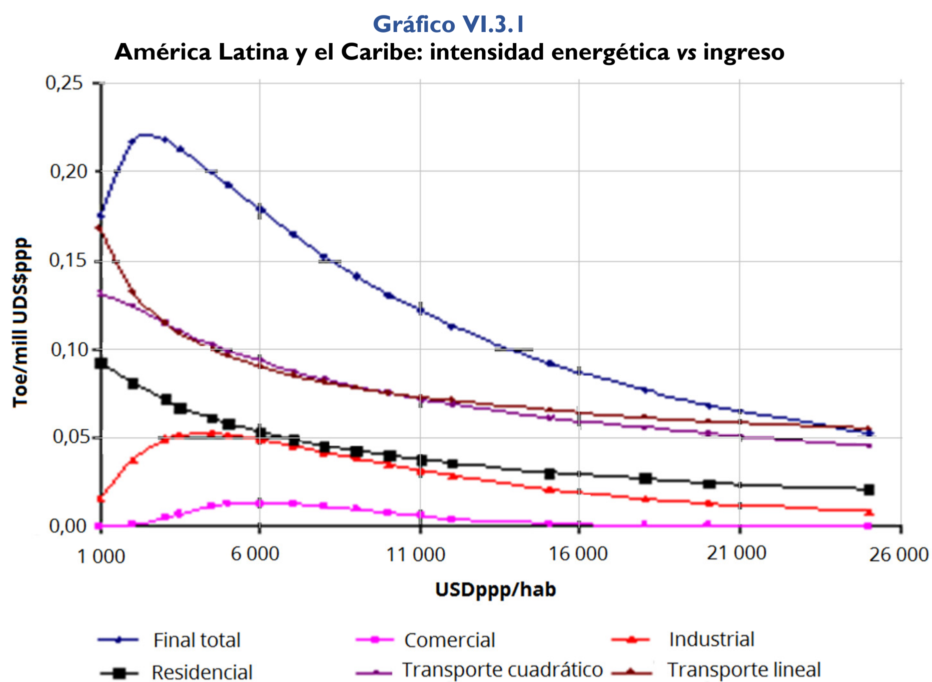
Este fenómeno se debe a que por una parte, la región en su conjunto atraviesa una fase no completada de cambio tecnológico, de forma tal que ante los incrementos de los precios de la energía, la demanda de energía no puede responder de forma proporcional reduciendo el consumo, pues todavía no se ha completado el cambio hacia el uso de portadores energéticos, de tecnologías y procesos productivos más eficientes; en tanto que, por otra parte, existen en la práctica apoyos a la competitividad de la industria basadas en el subsidio de precios, procedimiento que, de no estar acotado en el tiempo y sujeto a metas de desempeño, sesga negativamente los esfuerzos por alcanzar mejores parámetros de eficiencia en el uso de la energía.

Otro elemento que resalta de la comparación es el resultado que se reporta para los coeficientes de largo plazo del ingreso, para el sector transporte. En ambas muestras se obtienen resultados muy similares, lo que corrobora la idea sobre la globalización de los patrones —irracionales— de uso de los medios de transportes, favorables al empleo del automóvil, en detrimento del transporte público masivo, y, por tanto, al uso de la energía en dicho sector.

Finalmente, llama la atención los valores para los coeficientes ingreso de largo plazo, obtenidos en el estudio para el sector industrial, los que son notablemente mayores que los reportados por Medlock y Soligo. Este resultado está indicando que la región en su conjunto atraviesa una etapa de industrialización mas incipiente que la del conjunto de países utilizados por estos autores, en su mayoría pertenecientes a la OCDE y emergentes de Asia, los cuales en su mayoría presentan economías industriales maduras y que realizaron los cambios estructurales en períodos más tempranos, o casi los completan en la actualidad.

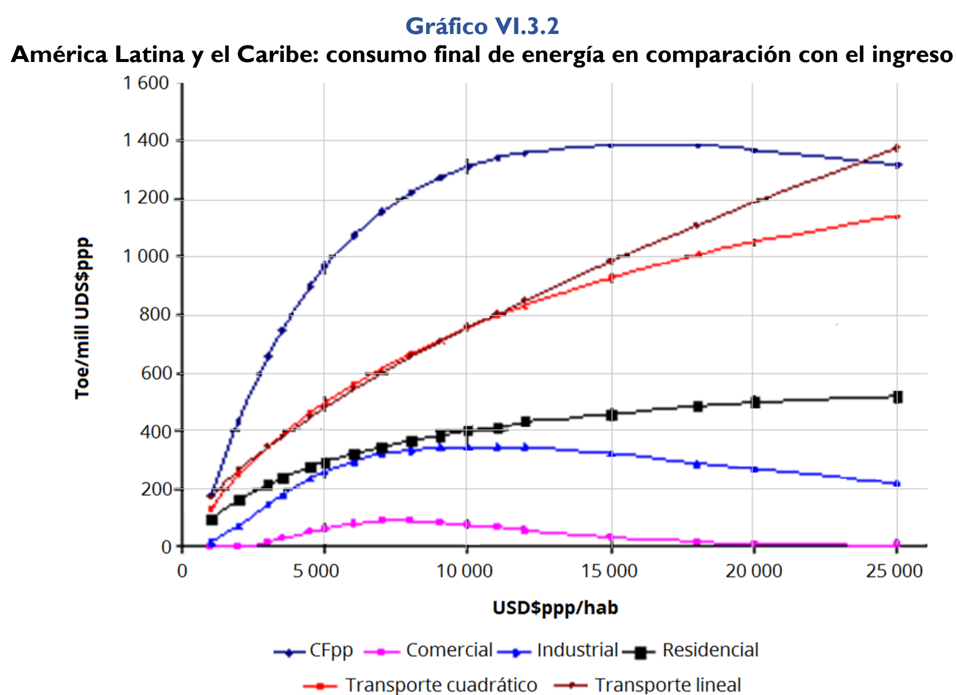
En los gráficos VI.3.1 y VI.3.2, se resume el comportamiento de la relación demanda final de energía comercial (intensidad energética), y consumo por habitante para América Latina y el Caribe, y donde queda en evidencia el patrón de demanda de energía-ingreso que se identificó para la misma (Somoza, 2009).

Gráfico VI.3.1
América Latina y el Caribe: intensidad energética *vs* ingreso



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico VI.3.2
América Latina y el Caribe: consumo final de energía en comparación con el ingreso



Fuente: Elaboración propia.

E. La relación demanda de energía-desarrollo económico para Cuba

Los resultados a los cuales se arriban para el caso de Cuba permiten afirmar que existe una relación no lineal entre el nivel de crecimiento del producto por habitante y la demanda de energía comercial, a nivel agregado, lo que está indicando la existencia de un proceso de «desmaterialización» del producto resultante, en principio, de un cambio estructural inducido por la crisis, y el posterior proceso de reinserción de la economía doméstica al mercado internacional, proceso que estudiosos del tema señalan como de «desmaterialización forzada por la desindustrialización resultante de la crisis» desencadenada en la década de 1990 (García y otros, 2007).

No obstante, en este caso valdría la pena reflexionar en el significado de este resultado. Desde 1990, año en que se inicia lo que se le ha dado en llamar el «período especial» y que consistió en la mayor crisis económica afrontada por el país en la historia económica del Período Revolucionario, Cuba ha venido acusando un fuerte proceso de reducción de la intensidad energética —unas veces de manera forzada, como resultado de la reducción de los consumos energéticos a un mayor ritmo que el del producto global, y otras a partir de la materialización de medidas encaminadas al ahorro y uso racional de la energía—, ya fuera a partir de la recuperación de las capacidades productivas ociosas en los momentos iniciales de la crisis, o a partir de cambios tecnológicos y modernización en el plantel productivo nacional.

Ciertamente, con la crisis de la década de 1990, el sector industrial acusó una pérdida notable de su participación en el PIB. No obstante, los impactos más notables en la reducción de la importancia relativa del sector se concentraron en la pérdida de peso de la rama azucarera en el producto agregado. Otras actividades de elevada intensidad energética fueron literalmente «borradas» del quehacer económico del sector. Entre éstas se encuentran el vidrio, el papel y la celulosa, así como la producción de fertilizantes nitrogenados (amoniaco y urea).

Además, actividades pertenecientes a las ramas textil, confecciones, cuero y calzado, industria alimentaria (especialmente de importancia local) y actividades de producción de maquinarias eléctricas y no eléctricas (complejo metal y electromecánico), de niveles de intensidad energética bajos y medios, de mayor valor agregado y, por tanto, de un peso relativamente alto en el valor agregado industrial, también fueron impactadas fuertemente por la crisis y por diferentes motivos (obsolescencia tecnológica, falta de financiamiento para la rehabilitación, pérdida de los mercados, baja competitividad, o por una combinación de todos estos factores), no han logrado alcanzar niveles importantes de recuperación.

De forma que, si bien se puede hablar de un proceso de desindustrialización inducida por la crisis, también hay que decir que buena parte de este proceso afectó y continúa afectando las actividades de mayor valor agregado y menos exigentes en el insumo de recursos (energía y otras materias primas), hacia las cuales se mueven las economías en sus etapas más avanzadas de desarrollo, por lo que la tesis de la «desmaterialización forzada por el proceso de desindustrialización», resulta insuficiente para explicar las tendencias de reducción de la intensidad energética de la economía cubana.

A nivel desagregado, se obtiene evidencia de comportamiento no lineal entre desarrollo y demanda de energía, pero éste no es igual para todos los sectores. El sector industrial y otros sectores, residencial y comercial, presentan una relación no lineal, en tanto que en el sector transporte, la relación entre la demanda de energía y el crecimiento del PIB es lineal. El transporte es uno de los sectores más duramente impactados por los rigores de la crisis económica, tanto por la escasez de combustible, como por la falta de recursos para el mantenimiento y la reposición del equipamiento y

la infraestructura vial, por lo que el proceso actual de recuperación está partiendo de niveles de actividad, estado técnico e índices de prestaciones verdaderamente deprimidos (Somoza, 2009).

De esta forma, es de esperar que la estructura del consumo de energía sectorial cambie a favor de un mayor protagonismo del transporte. Por otra parte, este resultado también estaría indicando que la recuperación de los niveles de actividad en el sector transporte, específicamente los de pasajeros y de carga por carretera, implicará significativos incrementos del consumo de gasolina y diésel, dos de los combustibles más caros en el mercado de derivados, con fuerte impacto en la factura energética, y en el nivel de emisiones tanto de contaminantes locales, externalidades negativas sobre la salud, en particular en las grandes ciudades, como de gases de efecto invernadero.

Este comportamiento particular del sector transporte indica, además, que a las acciones diseñadas y en diferentes grados de implementación enfocadas a la recuperación, modernización y ordenamiento del sector se le deberían otorgar el mayor nivel de prioridad dentro de la política económica en general y energéticas y ambiental en particular.

Por su parte, el comportamiento del sector residencial está relacionado con un conjunto de factores que van desde restricciones en las entregas físicas de los llamados combustibles domésticos (en particular queroseno y gas licuado de petróleo), el incremento en la tenencia de equipamiento «moderno» por parte de los hogares y algunos procesos de sustitución que se han ido materializando, sobre todo en los últimos años, como es el caso de la gasificación, es decir, la sustitución de queroseno por gas licuado de petróleo (GLP) y gas manufacturado, esto último, en La Habana.

El proceso de sustitución de la demanda de energéticos derivados del petróleo como la querosina y el GLP por la electricidad tendrá un impacto notable en la población, por dos vías. La primera, el mejoramiento de las condiciones ambientales en los hogares, particularmente en aquellos que cocinaban con querosina, combustible tóxico y peligroso, lo que, de hecho, implica una mejora en las condiciones de vida de la mujer ama de casa y de las trabajadoras, en las cuales recae la actividad de preparación de alimentos en el hogar cubano.

La segunda hace referencia al impacto sobre el gasto de los hogares por concepto de energía. En primer lugar, por el hecho de que el GLP y la querosina tienen precios incomparablemente bajos con respecto al de la electricidad, no obstante, el hecho de que las asignaciones estatales de los primeros sean limitadas e insuficientes, teniendo muchas veces que completarse en el mercado negro, a precios notablemente superiores. Hasta mayo de 2007, el valor —en términos reales— de un recibo promedio en el sector residencial había crecido en casi 14 pesos.

No obstante, los resultados no tienen que ser estos, necesariamente. Los incrementos en el consumo de electricidad por la introducción de la electricidad en usos térmicos tendrían que ser compensados por el cambio del equipamiento electrodoméstico actual, por otros equipamientos con mejores prestaciones y mayor eficiencia. Por ejemplo, hasta 2005 el consumo de los refrigeradores representaba aproximadamente la mitad de la demanda eléctrica de los hogares cubanos en la estructura de consumo eléctrico. De esta manera, la introducción de nuevos equipos con eficiencias notablemente superiores estaría significando un importante nivel de ahorro neto de energía y demanda de potencia (reduciendo el nivel de la demanda máxima), en los hogares (aproximadamente un 30%), lo que impactaría positivamente en la reducción de factura eléctrica.

De ahí la importancia de organizar el proceso de sustitución de equipamiento, dando prioridad a la sustitución de electrodomésticos, en especial refrigeradores y otros equipos eléctricos de alta demanda (televisores, aires acondicionados, iluminación, bombas de agua, entre otros), que tengan un efecto neto en la reducción del consumo de electricidad y la demanda máxima, y solo completar la introducción del uso de la electricidad en usos térmicos cuando las condiciones del sistema se

hayan garantizado, tanto en capacidad de generación disponible, como las facilidades de transmisión y distribución y suministro a los centros de consumo.

En cuanto a la elasticidad precio, se observa un comportamiento diferenciado a nivel sectorial, sobre todo en el sector industrial, donde se aplican precios diferenciados de la energía a determinadas actividades energéticamente intensivas y que son estratégicas para el desarrollo nacional, con el objetivo de «protegerlas» de la competencia y promover su inversión, o mantenerla en los mercados internacionales cada vez más exigentes.

No obstante, otros factores, o la combinación de estos, podría estar explicando la pobre respuesta de la demanda de energía a las variaciones de los precios de los combustibles y la electricidad: i) disponibilidad limitada de tecnologías ahorradoras, lo cual restringe la respuesta ante incremento de los precios relativos de los energéticos, tanto a corto como largo plazo; ii) restricciones en la oferta de energéticos sustitutos, y iii) precios distorsionados (dualidad, subsidiados), no acotados, a determinadas actividades intensivas en el uso de los energéticos en apoyo a la competitividad.

Otra característica importante en el caso cubano es el hecho de que la elasticidad precio de corto y largo plazo es menor, en valores absolutos, a la elasticidad ingreso, de modo que las políticas restrictivas de la demanda vía precios pueden ser fácilmente contrarrestada por políticas que expandan el ingreso. Por otra parte, la respuesta de la demanda de energía a nivel agregado ante variaciones de precio es inelástica en el corto plazo, mientras que en el largo plazo si bien es aun inelástica, es bastante próxima a la unidad, lo cual indica que la respuesta a los precios de la energía está condicionada, en buena medida, a la posibilidad de cambiar hacia tecnologías más modernas o de mejorar las existentes. Un comportamiento similar quedo evidenciado al estimar la demanda de electricidad por el sector residencial cubano (Somoza, 2006).

F. Conclusiones

Los resultados reportados en este estudio aportan evidencias contundentes a favor de la hipótesis de que la economía cubana está transitando por una etapa de desmaterialización del producto nacional característico de las etapas de alto nivel de desarrollo. No obstante, opiniones muy autorizadas señalan que este fenómeno podría obedecer más a un fenómeno de desindustrialización, producto de la desaparición de las relaciones de integración económica con el CAME y la antigua Unión Soviética, y la posterior crisis de la década de 1990 (Período Especial) de la cual aun el país no ha salido total y definitivamente (García y otros, 2007).

Sin embargo, los impactos más notables en la reducción de la importancia relativa del sector industrial se concentraron en la pérdida de peso de la rama azucarera y otras actividades de elevada intensidad energética, que fueron literalmente «borradas» del quehacer económico del sector, entre las cuales se encuentran el vidrio, el papel y la celulosa, así como la producción de fertilizantes nitrogenados (amoniaco y urea).

Por otra parte, actividades pertenecientes a las ramas textil, de confecciones, el cuero y calzado, la industria alimentaria (especialmente de importancia local) y actividades de producción de maquinarias eléctricas y no eléctricas (complejo metal y electromecánico), de niveles de intensidad energética bajos y medios, de mayor valor agregado y, por tanto, de un peso relativamente alto en el valor agregado industrial, también fueron impactadas fuertemente por la crisis y por diferentes motivos (obsolescencia tecnológica, falta de financiamiento para la rehabilitación, pérdida de los mercados, baja competitividad, o por una combinación de todos estos factores), no han logrado alcanzar niveles importantes de recuperación.

De forma que, si bien puede hablarse de un proceso de desindustrialización inducida por la crisis, esta no resulta suficiente para explicar la tendencia sostenida de reducción de intensidad energética; pues también la crisis afectó y afecta las actividades de mayor valor agregado y menos exigentes en el insumo de recursos (energía y otras materias primas), hacia las cuales se mueven las economías en sus etapas más avanzadas de desarrollo.

De hecho, al cambio en la estructura productiva forzado por la crisis, se le agrega el resultado de la implementación de una serie de medidas de ahorro energético, uso racional, sustitución de portadores energéticos y otras acciones relacionadas con la recuperación de capacidades no utilizadas y la organización de los flujos productivos, que también han tenido protagonismo en la tendencia a la reducción de la intensidad energética y al incremento de PIB por habitante.

Finalmente, hay evidencias de la reducción de la *intensidad energética,* tanto a nivel agregado como en los principales sectores económicos, tanto para la región en su conjunto como para sus principales economías y para Cuba. No obstante, el consumo por habitante continuará creciendo con la expansión del ingreso antes de alcanzar el punto de retorno. Sin embargo, estas tendencias a la reducción de la *intensidad energética* no son definitivas, ya que pueden *revertirse* en dependencia de las estrategias de desarrollo económico que se prioricen.

Así, el desarrollo económico, tanto de la región como en Cuba, transita por una senda de reducción de la intensidad energía, que solo será sostenible en la medida que se implementen políticas que favorezcan la modernización de los procesos, la eficiencia técnica y en especial la eficiencia energética, la actividad I&D+I tecnológica en uso de las fuentes renovables y la tecnología de limpieza y captura de CO_2, y promueva cambios en los patrones de producción y uso de los recursos naturales, incluyendo la energía.

Finalmente, para Cuba, el proceso de desarrollo no implicaría incrementos proporcionales de la demanda de energía comercial, buena parte importada hasta hoy, lo que de hecho constituye una buena noticia para las autoridades responsables de planificar e implementar la política económica. No obstante, también hay mensajes que alertan sobre la prioridad que se le tendrá que otorgar a la política energética y de desarrollo productivo, con el fin de evitar involuciones de la tendencia a la reducción de la intensidad energética, y que ésta se acompañe del deterioro de la eficiencia técnica en el uso de la energía.

Cabe recordar que Cuba todavía necesita destinar un tercio de los ingresos por exportaciones a la compra de energía, lo cual representa una fuerte presión sobre la cuenta corriente y balanza comercial; y que aunque desde el punto de vista del aporte de emisiones de GEI al calentamiento global, Cuba apenas emita el 0,1% de las mismas, el uso ineficiente e irracional de la energía incide negativamente sobre la salud humana y ambiental en localidades próximas a centros y polos de desarrollo industrial.

G. Bibliografía

Altomonte, Hugo (2002), *Energía y desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe: guía para la formulación de políticas energéticas* (LC/G.2214-P), presentación en el Centro de Estudios de Economía y Planificación «Juan F. Noyola» [en línea], diciembre. <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/27838/1/S2003004_es.pdf>.

Chenery, Hollis and Moises Syrquin (1975), *Patterns of development, 1950-1970*, London: Oxford University Press.

Galli, Rossana (1998), «The relationship between energy intensity and income leves: forecasting long term energy demand in Asian emerging countries», *The Energy Journal*, Vol. 19, N° 4.

García Hernández, Adriano y Yordany Landa de Saá (2007), «Reorientación del Sector Industrial Cubano», *XIV Jornada Científica del Instituto Nacional de Investigaciones Económicas (INIE)*, La Habana.

Kuznets, Simon (1971), *Economic Growth of Nations: total output and production structure*, Cambridge, MA, The Belnapp Press of Harvard University Press.

Medlock, Kenneth. B. and Ronald Soligo (2001), «Economic development and end-use energy demand», *The Energy Journal*, Vol. 22, N° 2.

Somoza Cabrera, Josa (2009), «Energía y desarrollo económico: Cuba en el contexto de América Latina y el Caribe», tesis para el grado de Doctor en Economía, La Habana, julio.

________(2008), «Petróleo: quiénes somos, dónde estamos, hacia dónde vamos», artículo para IPS

________ y J.A. Aguilar Trujillo (2007), «Energía, modelos y estimaciones», presentación en el panel de Industria y Energía; Jornada Científica del Instituto Nacional de Investigaciones Económicas (INIE), La Habana, Ministerio de Economía y planificación, diciembre.

________(2006), «Modelos para la estimación y proyección de la demanda de electricidad en el sector residencial cubano», *Revista Cuba, investigación económica*, año 12, N° 3, julio-septiembre.

________(1998), «El diseño de política de transformación productiva: las experiencias de las economías emergentes del Asia Oriental para la Cuba y la región latinoamericana y caribeña», inédito, La Habana, Cuba, Instituto Nacional de Investigaciones Económicas (INIE).

Artículo VI.4
Un análisis estadístico de conglomerados basado en indicadores de energía, cambio climático y desarrollo sostenible aplicado a países de América Latina

Fernando Alvarado Zumbado *
Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE)

A. Introducción

América Latina ocupa un 13,6% de la superficie continental del mundo. En 2008 tenía aproximadamente un 8,6% de la población y un 15,8% de las reservas mundiales de hidrocarburos (BP, 2010). Ese mismo año, generó el 20,5% de la producción hidroeléctrica mundial, un 5,3% de la generación eléctrica y utilizó un 5,2% del consumo final de energía (IEA, 2010).

América Latina enfrenta desafíos en materia de energía, cambio climático y desarrollo sostenible, y para el análisis de estas dimensiones es necesario considerar en cada uno los países que integran la región, indicadores confiables, recientes, consistentes y comparables. Con el análisis de conglomerados dicha información permite generar estadísticamente grupos homogéneos de países, en los que se puedan aplicar con más efectividad estrategias y políticas focalizadas y particulares a la realidad interna de los conglomerados resultantes.

Tratando de ir definiendo cada una de esas dimensiones bajo análisis, se considera el desarrollo sostenible como un patrón de uso de los recursos, que busca satisfacer las necesidades humanas, preservando el medio ambiente para que éstas puedan ser satisfechas, no sólo en el presente, sino también por las generaciones venideras. La definición tradicional formulada por la Comisión Bruntland dice: «se trata de aquel desarrollo que permite satisfacer nuestras necesidades actuales sin comprometer la habilidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades» (United Nations, 1987).

La CEPAL, en su informe «Nuestra Propia Agenda» establece, entre otros aspectos, las bases de una estrategia para un desarrollo sostenible, definido como «un desarrollo que distribuya más equitativamente los beneficios del progreso económico proteja al medio ambiente nacional y mundial en beneficio de las futuras generaciones y mejore genuinamente la calidad de vida»[150].

Por otra parte, el término «cambio climático» se refiere a la modificación del clima con respecto a su historial en una escala global o regional tanto por causas naturales como antropogénicas. El término se utiliza como sinónimo de calentamiento global; la Convención Marco de las Naciones Unidas[151] lo usa únicamente para referirse al cambio antropogénico[152]. Los países son vulnerables a sus efectos, mismos que ya afectan tanto a seres humanos como a la flora y fauna, con

---

* Contacto: Tel: (506) 2284-2775 ● C.E.: fernando.Alvarado@recope.go.cr.

150 Esta Comisión es impulsada conjuntamente por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), con el apoyo de la CEPAL y del PNUMA.

151 Véase Artículo 1, párrafo 2.

152 El cual se entiende como un cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables.

eventos como inundaciones, sequías y deslizamientos, los que impactan por lo general a las poblaciones más pobres y generan importantes desafíos en materia de salud pública.

La CEPAL ha identificado los impactos económicos del cambio climático y, en el escenario de falta de acuerdos internacionales, estima que podría costar a la región 137% de su PIB actual (2009). La Comisión indica que el sendero de emisiones de América Latina sigue la tasa de crecimiento de la economía y no se han logrado desacoplar (CEPAL, 2006).

A pesar del crecimiento en las áreas protegidas y el éxito en la eliminación de sustancias destructoras del ozono, las altas tasas de deforestación y el sostenido aumento de las emisiones de dióxido de carbono en la región, constituyen un obstáculo para el cumplimiento de los Objetivos del Milenio (UN, 2010).

Con respecto a la dimensión de la energía, disponer de un suministro adecuado y asequible de ésta es básico para impulsar el desarrollo de un país, pues potencia el bienestar social y económico. La energía es solo un medio para lograr un mejor nivel de vida, pese a resultar esencial para el desarrollo (IAEA, 2005). Dilucidar el desempeño de un país o un grupo de éstos en términos energéticos tiene una gran importancia, por el vínculo estrecho entre el desarrollo socioeconómico y el empleo de diversas fuentes de energía destinadas a la ejecución de las diferentes actividades humanas.

A largo plazo es necesario lograr una América Latina con un mayor desarrollo económico, acceso a fuentes de energía limpias, calidad de vida, vivienda digna, salud, educación y transporte, pero todo ello empleando menos carbono y logrando menores niveles de pobreza.

Para una adecuada utilización de los energéticos y la búsqueda de un desarrollo sostenible, son clave las políticas, la institucionalidad y los controles estatales. La parte del fortalecimiento institucional ha sido descuidada; de hecho, internacionalmente no existe una institucionalidad que aborde en forma efectiva el problema del cambio climático como bien público global, y ni las fuerzas del mercado ni el estatismo por sí solos garantizarán la provisión de la estabilidad climática global. Se requiere un nuevo pacto político de asociación/cooperación, con reglas claras de participación y sistemas colectivos de rendición de cuentas. Se plantean en los desafíos institucionales el garantizar la integración criterios ambientales vía el uso de indicadores e instrumentos más efectivos (Bárcena, 2008).

Los responsables de la adopción de políticas regionales y locales necesitan conocer la situación global de la región y de cada país en particular, en lo referente a energía, cambio climático y desarrollo sostenible. También deben comprender las implicaciones de determinados programas, políticas y planes energéticos, ambientales y económicos sobre pautas de desarrollo y la viabilidad de configurar un desarrollo sostenible. Algunos organismos internacionales, como la CEPAL, tienen proyectos en varios países de América Latina y están interesados en que estos tengan la mayor efectividad, razón por la cual conocer el grado de similitud entre los países de la región ayudará a una mayor eficacia y eficiencia de acciones de los organismos en los países beneficiarios.

B. Objetivos

2.1. Objetivo general

Lograr una tipología o agrupación de países de acuerdo con su similitud, mediante la utilización de la técnica estadística multivariable de análisis de conglomerados, que propicie una aplicación más encauzada y efectiva de políticas, estrategias, programa y proyectos, lo cual promoverá un mejor desempeño en aspectos relacionados con desarrollo sostenible, cambio climático y energía.

2.2. Objetivos específicos

a) realizar una búsqueda de información estadística disponible en los principales organismos internacionales que producen indicadores y estadísticas;
b) recopilar, seleccionar y organizar indicadores relacionados en los ámbitos de energía, cambio climático y desarrollo sostenible;
c) aplicar el análisis de conglomerados a los indicadores seleccionados;
d) realizar agrupaciones entre diversos países de América Latina y con otros países desarrollados o en vías de desarrollo, y
e) generar una metodología que pueda ser replicada por organismos internacionales, para lograr una aplicación más eficiente y eficaz de políticas y estrategias.

C. Análisis de conglomerados

En varios estudios se tiende a realizar análisis univariados o bivariados, pese a que, por lo regular, se cuenta con muchas variables y, en general, estas no se analizan en forma conjunta y simultánea, lo cual ahora es posible con un análisis multivariable, que permite simplificar en forma adecuada realidades muy complejas.

El *análisis de conglomerados*[153] es una técnica estadística de análisis multivariable que busca agrupar casos tratando de lograr la máxima homogeneidad en cada grupo y establecer la mayor diferencia entre los grupos. El objetivo principal de esta técnica es reducir el número inicial de casos y reunirlos en un menor número de grupos.

Esta técnica permite revelar estructuras escondidas y que están representadas en los conglomerados, mismas que podrían corresponder a patrones no observables desde los datos originales. Este análisis tiene un gran número de aplicaciones en diversos campos del conocimiento, pues, en cierta forma, permite contestar a la pregunta que se hacen algunos investigadores sobre cómo organizar los datos observados en grupos para desarrollar cierta taxonomía.

Para representar la estructura jerárquica de la formación de los conglomerados se utiliza el *dendrograma*, un gráfico que tiene forma de árbol invertido. Así, a partir de «*n*» elementos observados podemos identificar desde *1* hasta *n* conglomerados o grupos, de acuerdo con su grado de similitud.

Para clasificar los elementos en *clusters* se utilizan algoritmos jerárquicos, que pueden ser acumulativos (se forman grupos haciendo *clusters* cada vez más grandes), o disminutivos (partiendo de un solo grupo se separan los elementos en *clusters* cada vez más pequeños).

---

[153] Conocido en inglés como «*Cluster Analysis*».

Entre los algoritmos jerárquicos acumulativos destacan los siguientes métodos:

a) *distancias mínimas*: se busca la mayor semejanza entre los elementos o grupos más cercanos.
b) *distancias máximas*: se calcula la distancia mínima entre los elementos más alejados.
c) *distancias medias*: se calcula la media de las distancias entre los elementos.

D. Metodología

Para cada uno de los países de América Latina[154] se realizó una búsqueda de información estadística reciente de indicadores en organismos internacionales, relacionada con las dimensiones de energía, cambio climático y desarrollo sostenible. Esta etapa incluyó también la revisión de algunos documentos con trabajos similares, a fin de conocer el abordaje del tema y el tratamiento dado a la información.

Los organismos de los cuales se lograron obtener indicadores son: la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE)[155]; la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)[156]; la Administración de Información Energética de los Estados Unidos (*Energy Information Administration,* US-EIA, por sus siglas en inglés)[157]; el Banco Mundial (BM)[158]; la Agencia Internacional de Energía de los Estados Unidos (*International Energy Agency,* US-IEA, por sus siglas en inglés) y el Foro Económico Mundial (*World Economic Forum,* WEF, por sus siglas en inglés). Por falta de información comparable por país no se ha podido realizar la comparación de la emisión del total de gases de efecto invernadero[159].

Durante el proceso de formación de la base de datos se ha seleccionado la información más reciente, completa y confiable. En materia de indicadores sobre las dimensiones en estudio hay literatura teórica sobre cuáles considerar, pero pocos datos o series concretas y consistentes. Si bien fue posible identificar algunos indicadores interesantes para este trabajo en las dimensiones consideradas, la falta de datos para algunos de los países hizo que algunos indicadores fueran eliminados y en otros casos, se eliminaron países con poca información, este es el caso de Barbados, Guyana, Granada y Suriname.

A manera de referentes o puntos de comparación, se incluyen también algunos países desarrollados (los Estados Unidos, Japón, Francia y Reino Unido) y otros en vías de desarrollo (China, la India), con los cuales se hace un análisis conjunto de todas las dimensiones en consideración.

La información se organizó en archivos en MS-Excel para cada una de las dimensiones consideradas (cambio climático, energía y desarrollo sostenible) y a éstos se les aplica la técnica de análisis de conglomerados empleando el software estadístico *Minitab*.

Los indicadores seleccionados para las bases se asignaron a cada dimensión, a juicio del autor; posteriormente se eliminan aquellos que no aportan información significativa a cada dimensión considerada, o aquellos cuyo aporte ya está contenido en otro indicador. Por tal motivo, los indicadores de una dimensión que presentaban una correlación mayor a 0,75 fueron eliminados. Esto

---

154 Se incluyen también algunos países del Caribe.
155 Véase: <www.olade.org.ec/>.
156 Véase: <www.cepal.org/es>.
157 Véase: <www.eia.doe.gov/>.
158 Véase: <datos.bancomundial.org>.
159 Además del dióxido de carbono (CO_2), los gases de efecto invernadero incluyen: metano (CH_4), dióxido de hidrógeno (NO_2), edulcorantes líquidos (HFCs), compuestos perfluorados (PFCs) y hexafluoruro de azufre (SF_6).

se hace prestando atención al problema de la multicolinealidad[160], mismo que puede afectar los resultados, porque aquellas variables que la presentan tendrán una influencia mayor en el establecimiento de los grupos. Por otra parte, el número de indicadores en cada dimensión debe ser manejable por limitaciones propias del software y buscando la parsimonia en el análisis.

E. Resultados

Los indicadores que se han considerado en cada una de las dimensiones, la fuente de la que se obtuvieron y el año al que se refiere la información se presentan en el cuadro VI.4.1. Los datos para cada indicador y país se muestran en los cuadros VI.4.2, VI.4.4, VI.4.6 y VI.4.8. Los cuadros VI.4.3, VI.4.5, VI.4.7 y VI.4.9 muestran las matrices de correlaciones entre los indicadores seleccionados en cada dimensión.

Cuadro VI.4.1
Indicadores seleccionados y fuente de acuerdo con la dimensión considerada

Cambio climático		Energía		Desarrollo sostenible			
Indicador	Fuente	Indicador	Fuente	Indicador	Fuente	Indicador	Fuente
Emisiones por consumo final (Ton CO_2/TEP), año 2009	OLADE	Consumo final por habitante (BEP/Hab), año 2009	OLADE	PIB por habitante (dólares de 1990/Hab), año 2009	OLADE	Porcentaje de uso de nergía nuclear y alternativa; año 2007	BM
Emisiones de CO_2 por habitante (Ton/Hab), año 2009	OLADE	Importaciones de energía, valor neto (porcentaje del uso de energía), año 2007	BM	Aprovechamiento hidroeléctrico máximo (en años), año 2009	OLADE	Combustibles renovables y residuos (porcentaje del total de energía); año 2007	BM
Emisiones de CO_2 por generación eléctrica (Ton/Gwh), año 2009	OLADE	Consumo de energía procedente de combustibles fósiles (porcentaje del total), año 2007	BM	Oferta total de energía por habitante (GJ/Hab), año 2009	OLADE	Porcentaje de la población rural; año 2009	BM
Área de bosques como porcentaje del área total, año 2000	CEPAL	Precio de la gasolina para el usuario final (dólares por litro), año 2008	BM	Índice de concentración de Gini (último disponible)	CEPAL, varios	PIB por unidad de uso de energía (dólares de 2005/Kep) año 2007	BM
Emisiones de CO_2 (toneladas por cada un mil dólares de PIB a precios constantes del año 2000). Año 2007	CEPAL	Vehículos (por cada un mil personas), año 2007	BM	Porcentaje de población con acceso a agua potable (año 2008)	CEPAL	Esperanza de vida al nacer; año 2008	BM
Emisiones totales de CO_2 por consumo de energía (millones de toneladas), año 2008	US-EIA	Importaciones netas de energía (Mtoe), año 2008	US-IEA	Acuerdos multilaterales ambientales, año 2007	CEPAL	Tasa de crecimiento anual de la población (en porcentajes); año 2009	BM
Emisiones de CO_2 / Suministro total de energía primaria (t CO_2/toe), año 2008	US-EIA	Intensidad energética= (Consumo total de energía en miles de barriles equivalentes de petróleo, por cada millón de dólares a precios constantes del año 2000), año 2008	CEPAL y OLADE	Número de empresas con certificación ISO 14001, por cada mil millones de dólares del PIB (a precios constantes de 2000); año 2007	CEPAL	Tasa de crecimiento anual del PIB (en porcentajes); año 2009	BM
		Abastecimiento total de energía primaria (Mtoe), año 2008	US-EIA	Producción total de biocombustibles (en miles de barriles por día); año 2009	US-EIA	Índice de competividad; año 2010	Foro Económico Mundial
						GDP (miles de millones de dólares de 2000); año 2008	US-IEA

Fuente: Elaboración propia

160 Hay multi-colinealidad cuando una o más variables constituyen una combinación lineal de otra.

Cuadro VI.4.2
Indicadores seleccionados y fuente de acuerdo con las dimensiones consideradas

País	Emisiones por consumo final (ton CO_2/TEP) año 2009	Emisiones de CO_2 por habitante (Ton/Hab) año 2009	Emisiones de CO_2 por generación eléctrica (Ton/Gwh) año 2009	Área de bosques como porcentaje del área total; año 2009	Emisiones de CO_2 (toneladas por cada un mil dólares de PIB a precios constantes del año 2000); año 2007	Emisiones totales de CO_2 por consumo de energía (en millones de toneladas); año 2009	Emisiones de CO_2 /Suministro total de energía primaria (t CO_2/toe), año 2008
Argentina	2,11	4,02	294,5	12,3	0,5	172,5	228
Barbados	1,98	5,49	798,0	4,0	0,5	1,4	---
Edo. Plurinacional de Bolivia	1,94	1,34	356,4	55,4	1,2	13,5	2,26
Brasil	1,81	2,02	81,0	59,0	0,5	428,2	1,47
Colombia	2,13	1,43	172,6	58,7	0,5	65,1	1,95
Costa Rica	1,88	1,65	97,8	46,5	0,4	7,1	1,34
Cuba	2,22	2,41	486,4	22,2	0,6	26,0	2,53
Chile	1,84	3,99	395,8	21,1	0,7	64,6	2,32
Ecuador	2,56	2,56	355,1	42,8	1,3	28,9	2,50
El Salvador	2,04	1,18	290,9	15,6	0,4	6,5	1,19
Granada	2,07	2,49	513,8	12,2	0,5	0,3	---
Guatemala	1,50	1,09	908,2	38,8	0,6	12,0	1,31
Guyana	1,50	2,09	763,6	76,7	1,2	1,7	---
Haití	0,84	0,23	362,9	4,0	0,6	2,0	0,84
Honduras	1,43	1,00	525,2	48,5	0,9	8,5	1,69
Jamaica	2,22	3,24	527,6	31,5	1,4	13,1	2,72
México	2,36	4,01	528,5	34,3	0,6	444,6	2,26
Nicaragua	1,32	0,80	797,8	45,6	0,9	4,9	1,18
Panamá	2,11	2,48	317,5	57,9	0,4	15,1	2,25
Paraguay	1,11	0,72	0,0	48,7	0,5	4,0	0,84
Perú	2,10	1,25	240,3	54,1	0,6	34,7	2,37
República Dominicana	1,86	1,96	624,9	28,4	0,6	19,3	2,40
Suriname	2,15	4,81	701,2	n/d	2,3	2,1	---
Trinidad y Tabago	3,55	25,34	683,5	44,4	2,6	50,5	1,96
Uruguay	1,85	2,66	232,1	8,1	0,3	7,8	1,82
Venezuela (Rep. Bol de)	2,20	5,66	267,1	55,7	1,1	184,2	2,27

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro IV.4.3
Matriz de correlaciones de los indicadores seleccionados para la dimensión de cambio climático

Correlaciones	Emisiones por consumo final (Toneladas de CO_2/TEP) año 2009	Emisiones de CO_2 por habitante (Tonelada/Hab) año 2009	Emisiones de CO_2 por generación eléctrica (Ton/Gwh) año 2009	Área de bosques como porcentaje del área total; año 2000	Emisiones de CO_2 (toneladas por cada un mil dólares de PIB a precios constantes de 2000; año 2007	Emisiones totales de CO_2 por consumo de energía (en millones de toneladas) año 2008	Emisiones de CO_2 / Suministro total de energía primaria (t CO_2) año 2008
Emisiones por consumo final (ton CO_2/TEP);4 año 2009	1,00	0,75	0,07	0,05	0,51	0,19	0,63
Emisiones de CO_2 por habitante (Ton/Hab); año 2009		1,00	0,25	0,00	0,67	0,08	0,19
Emisiones de CO_2 por generación eléctrica (Ton/Gwh) año 2009			1,00	-0,12	0,42	-0,24	0,12
Área de bosques como porcentaje del área total; año 2000				1,00	0,29	0,15	0,07
Emisiones totales de CO2 (toneladas por cada un mil dólares de PIB a precios constantes del año 2000); año 2007					1,00	0,12	0,27
Emisiones totales de CO_2 por consumo de energía (millones de toneladas); año 2008						1,00	0,13
Emisiones de CO_2 /Suministro total de energía primaria (t CO_2/toe); año 2008							1,00

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro IV.4.4
Indicadores seleccionados para la dimensión de energía

País	Consumo final por habitante (BEP/Hab); año 2009	Intensidad energética= (Consumo total de energía –miles de barriles equivalentes de petróleo- por cada millón de dólares, a precios constantes de 2000); año 2008	Importaciones de energía, valor neto (porcentaje del uso de energía); año 2007	Consumo de energía procedente de combustibles fósiles (porcentaje del total); año 2008	Precio de la gasolina para el usuario (dólares por litro); año 2008	Vehículos (por cada mil personas); año 2007	Importaciones netas de energía (Mtoe) año 2008
Argentina	9,30	0,98	-12,11	89,45	0,78	313,9	-4,76
Edo. Plurinacional de Bolivia	3,54	2,83	-176,96	81,79	0,68	68,4	-11,09
Brasil	7,30	1,70	8,48	52,62	1,26	198,2	26,97
Colombia	3,90	1,33	-197,16	70,49	1,04	65,6	-60,17
Costa Rica	5,78	1,19	47,35	47,05	1,24	151,8	2,48
Cuba	5,72	1,66	47,90	86,77	1,67	38,0	7,82
Chile	9,97	1,59	72,54	77,72	0,95	163,9	22,38
Ecuador	5,56	2,75	-144,94	86,62	0,51	63,1	-16,97
El Salvador	3,57	1,30	42,04	41,87	0,78	83,7	1,98
Guatemala	4,11	2,77	35,67	45,99	0,86	116,7	2,82
Haití	1,78	4,98	27,76	27,80	1,16	----	0,81
Honduras	3,63	2,54	55,34	55,30	0,80	96,9	2,41
Jamaica	7,23	2,87	89,85	89,85	0,74	---	4,18
México	7,50	1,12	-36,25	89,31	0,74	244,0	-47,21
Nicaragua	2,61	3,95	40,79	40,62	0,87	47,8	1,35
Panamá	6,50	1,05	75,39	75,74	0,67	187,8	2,25
Paraguay	4,62	2,88	-69,94	29,37	1,17	82,0	-2,94
Perú	3,37	1,22	13,25	69,81	1,42	51,7	3,53
República Dominicana	3,97	1,06	80,50	80,49	1,04	122,6	6,58
Trinidad y Tabago	67,33	5,81	-142,01	99,93	0,36	351,3	-20,41
Uruguay	8,19	0,82	61,70	62,27	1,18	---	3,05
República Bolivariana de Venezuela	12,58	1,79	-188,38	87,80	0,02	147,1	-115,25

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro IV.4.5
Matriz de correlaciones de los indicadores seleccionados para la dimensión de energía

Correlaciones	Consumo final por habitante (BEP/Hab) año 2009	Intensidad energética= (Consumo total de energía –miles de barriles equivalentes de petróleo- por cada millón de dólares, a precios constantes de 2000); año 2008	Importaciones de energía, valor neto (porcentaje del uso de energía); año 2007	Consumo de energía procedente de combustibles fósiles (porcentaje del total); año 2008	Precio de la gasolina para el usuario (dólares por litro); año 2008	Vehículos (por cada mil personas); año 2007	Importaciones netas de energía (Mtoe) año 2008
Consumo final por habitante (BEP/Hab) año 2009	1,00	0,52	-0,32	0,43	-0,40	0,67	-0,16
Intensidad energética = (Consumo total de energía –miles de barriles equivalentes de petróleo- por cada millón de dólares de PIB-, a precios constantes de 2000); año 2008		1,00	-0,24	-0,15	-0,26	0,14	0,02
Importaciones de energía, valor neto (porcentaje del uso de energía); año 2007			1,00	-0,31	0,49	-0,04	0,72
Consumo de energía procedente de combustibles fósiles (porcenaje del total); año 2007				1,00	-0,41	0,44	-0,34
Precio de la gasolina para el usuario (en dólares por litro); año 2008					1,00	-0,38	0,60
Vehículos (por cada un mil personas); año 2007						1,00	-0,08
Importaciones netas de energía (Mtoe); año 2008							1,00
Abastecimiento total de energía primaria (Mtoe) año 2008							

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro IV.4.6
Indicadores seleccionados para la dimensión de desarrollo sostenible

País	PIB por habitante (dólares 1990 Hab) año 2009	Aprovechamiento hidroeléctrico máximo (en años) – año 2009	Ofeta total de energía por habitante (G/Hab.) año 2009	Índice de concentración de Gini último disponible	Porcentaje de población con acceso a agua potable	Número de empresas con certificación ISO 1400 por cada mil millones de dólares del PIB, a precios constantes de 2000) año 2007	Acuerdos multilaterales ambientales año 2007	Producción total de biocombustibles (miles de barriles por día) año 2009	Porcentaje de uso de energía nuclear y alternativa – año 2007	Combustibles renovables y residuos (porcentaje del total de energía - año 20078	Porcdentaje de población rural año 2009	PIB por unidad de uso de energía (dólares 2005 Kep) - año 2007	Esperanza de vida al nacer – año 2005	Tasa de crecimiento anual de la población (porcentaje) -año 2009	Tasa de crecimiento anual del PIB (porcentaje) - año 2008	Índice de competividad año 2010	GDP (miles de millones de dólares) – año 2008
Argentina	9 874	---	77,2	0,52	97	2,73	14	23,70	6,2	3,5	7,8	6,76	75,3	1,0	6,8	3,95	395,4
Edo. Plurinacional de Bolivia	1 194	38,8	26,6	0,57	86	2,99	15	1,50	3,7	14,5	34,0	6,63	65,7	1,7	6,1	3,64	11,4
Brasil	4 419	21,6	52,3	0,59	97	2,32	14	477,53	15,1	30,7	14,0	7,41	72,4	0,9	5,1	4,28	853,8
Colombia	2 954	50,7	31,5	0,58	92	2,34	11	10,90	13,0	15,3	25,2	12,10	73,0	1,4	2,4	4,14	134,4
Costa Rica	5 059	26,8	44,0	0,47	97	4,44	14	1,20	35,0	17,7	36,2	9,58	78,9	1,3	2,6	4,31	23,5
Cuba	4 415	365,0	41,7	---	94	0,15	12	0,35	0,1	13,1	24,3	---	78,7	0,0	---	---	43,6
Chile	6 063	--	72,8	0,52	96	4,84	14	0,00	6,5	15,4	11,3	7,05	78,6	1,0	3,7	4,69	104,6
Ecuador	1 720	35,6	42,1	0,50	94	3,52	14	0,00	6,6	6,2	33,8	8,05	75,1	1,1	7,2	3,65	23,5
El Salvador	2 598	38,4	29,7	0,49	87	0,50	12	2,20	27,4	30,7	39,0	7,69	71,3	0,5	2,5	3,99	16,4
Guatemala	1 642	35,7	30,8	0,59	94	0,68	12	1,61	3,8	50,4	51,0	6,98	70,3	2,5	4,0	4,04	26,1
Haití	393	44,4	11,6	---	63	,---	9	0,00	0,5	71,7	51,8	3,64	61,2	1,6	0,8	---	4,0
Honduras	1 381	30,9	25,4	0,58	86	1,77	13	0,02	4,0	40,7	51,7	5,39	72,2	2,0	4,0	3,89	10,5
Jamaica	3 588	459,0	52,9	---	94	1,10	13	6,90	0,4	9,8	46,5	3,92	71,8	0,5	-1,3	3,85	10,2
México	6 524	48,6	70,8	0,52	94	0,98	14	0,20	6,3	4,5	22,5	7,64	75,1	1,0	1,5	4,19	769,3
Nicaragua	872	151,7	21,0	0,53	85	0,40	13	1,00	6,8	52,4	43,0	3,91	73,3	1,3	3,2	3,57	5,1
Panamá	5 628	12,7	44,1	0,52	93	1,79	15	0,00	11,2	13,5	26,0	12,8	75,7	1,6	10,7	4,33	19,0
Paraguay	1 442	---	151,7	0,53	86	0,67	15	2,20	109,9	53,0	39,1	6,10	71,9	1,8	5,8	3,49	9,5
Perú	2 916	89,0	12,7	0,48	82	1,49	14	2,10	12,0	18,2	28,5	14,66	73,3	1,1	9,8	4,11	84,3
República Dominicana	3 729	15,5	33,3	0,55	86	0,36	13	0,00	1,5	18,0	30,2	8,99	72,6	1,4	5,3	3,72	36,1
Trinidad y Tabago	10 972	---	496,7	---	94	0,76	13	2,80	0,0	0,1	86,4	2,06	69,3	0,4	3,5	---	14,7
Uruguay	8 232	---	56,9	0,45	100	2,40	14	0,13	21,9	16,4	7,6	11,33	76,20	0,3	8,5	4,23	29,3
Rep. Bol. de Venezuela	5 695	16,0	117,1	0,41	94	0,31	13	0,00	11,2	0,8	6,3	4,92	73,5	1,6	4,8	3,48	166,6

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro IV.4.7
Matriz de correlaciones de los indicadores seleccionados para la dimensión de desarrollo sostenible

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17
Correlaciones	PIB por habitante (dólares 1990 Hab) año 2009	Máximo años aporvechamiento hidroeléctrico – año 2009	Ofeta total de energía por habitante (GJ/Hab) año 2009	Índice de concentración de Gini último disponible	Porcentaje de población con acceso a agua potable, año 2008	Empresas con ISO 14001 por cada un mil millones de d´polares de PIB, de 2000 año 2007	Número de acuerdos multilaterales ambientales aprobados año 2007	Producción total de biocombustibles (miles de barriles diarios) año 2009	Porcentaje de uso de energía nuclear y alternativa – año 2007	Combustibles renovables y residuos (procentaje del total de energía) – año 2007	Porcentaje de la población rural año 2009	PIB por unidad de uso de engría (dólares de 2005/KEP) – año 2007	Esperanza de vida al nacer – año 2008	Tasa de crecimiento anual de la población (porcentaje) -año 2009	Tasa de crecimiento anual del PIB (poercentaje) año 2009	Índice de competividad – año 2010	GDP (miles de millones de dólares de 2000 – año 2008
V1	1,00	0,03	0,66	-044	0,61	0,13	0,28	0,04	-0,16	-0,68	-0,20	0,02	0,41	-0,52	0,17	0,48	0,31
V2		1,00	0,01	-0,01	0,13	-0,32	-0,13	-0,12	-0,37	-0,15	0,17	-0,33	0,18	-0,63	-0,48	-0,16	-0,18
V3			1,00	-0,55	0,24	-0,14	0,04	-0,03	-0,14	-0,40	0,49	-0,40	-0,18	-0,33	-0,07	0,08	0,00
V4				1,00	-0,20	0,00	-0,20	0,36	-0,14	0,45	0,44	-0,15	-0,08	0,45	-0,23	0,07	0,18
V5					1,00	0,40	0,53	0,20	-0,01	-0,67	-0,38	0,19	-0,46	-0,33	0,18	0,50	0,30
V6						1,00	0,40	0,10	-0,03	-0,25	-0,30	0,27	0,74	0,04	0,14	0,55	0,06
V7							1,00	0,12	0,33	-0,43	-0,31	0,27	0,36	0,00	0,58	0,04	0,19
V8								1,00	0,01	0,08	-0,23	-0,01	0,46	-0,10	0,04	0,22	0,69
V9									1,00	0,30	-0,05	0,09	-0,03	0,16	0,14	-0,21	-0,08
V10										1,00	0,33	-0,24	0,09	0,48	-0,21	-0,19	-0,21
V11											1,00	-0,49	-0,51	0,11	-0,37	-0,33	-0,43
V12												1,00	-0,53	0,01	0,61	0,50	0,04
V13													0,45	-0,34	0,28	0,57	0,15
V14													1,00	1,00	0,11	-0,28	-013
V15															1,00	0,04	-0,07
V16																1,00	0,29
V17																	1,00

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro IV.4.8
Indicadores seleccionados para la dimensión de desarrollo sostenible

País	Mejora en el suministro de agua, sector rural	Población rural (porcentaje de la población total) año 2009	Energía nuclear y alternativa (porcent5aje del total de uso de energía) año 2007	Combustibles renovables y residuos (porcentaje del total de energía) año 2007	Importaciones de nergía, valor neto (porcentaje del uso de energía) año 2007	Precio del diéses para el usuario (dólares por litro) año 2008	Emisiones de CO2 (toneladas por habitante) año 2007	PIB por unidad de uso de energía (dólares por kep. 2004) año 2007	Esperanza de vida al nacer (años) año 2008	Crecimiento de la población (porcentaje anual) año 2009	Crecimiento del PIB (porcentaje anual) año 2008	Índice de competividad 2010	Producción total de biocombustibles (miles de barriles por día (año 2009)	Consumo total de biocombustibles (miles de barriles por día) año 2009	Población (milones de habitantes) año 2008	TPES/GDP (PPP) Toe/000 dólares de 2000) año 2008	CO2/GDP (kg CO2) dólares de 2000) año 2008	Emisiones de CO2 de combustibles (MT) año 2008
Argentina	80	7,8	6,17	3,47	-12,1	0,58	4,65	6,76	75,33	0,98	6,8	3,95	23,7	0,5	39,9	0,12	0,44	173,8
Edo. Plurinacional de Bolivia	67	33,96	3,66	14,55	-177,0	0,53	1,38	6,63	65,68	1,73	6,10	3,64	1,5	0,0	9,7	0,21	1,13	12,9
Brasil	84	13,96	15,10	30,71	8,5	1,03	1,94	7,41	72,40	0,91	5,1	4,28	477,5	420,3	192,0	0,15	0,43	364,6
Colombia	73	25,2	12,98	15,31	-197,2	0,73	1,43	12,10	72,98	1,43	2,4	4,14	10,9	11,3	44,5	0,08	0,45	60,0
Costa Rica	91	36,22	34,98	17,68	47,3	1,10	1,82	9,58	78,92	1,32	2,6	4,31	1,2	0,5	4,5	0,10	0,28	6,6
Cuba	89	24,32	0,10	13,12	47,9	1,51	2,41	---	78,72	0,00	---	---	0,3	0,3	11,3	0,12	0,70	30,5
Chile	75	11,28	6,46	15,37	72,5	0,95	4,31	7,05	78,61	0,98	3,7	4,69	0,0	0,0	16,8	0,16	0,70	73,0
Ecuador	88	33,76	6,58	6,17	-144,9	0,27	2,25	8,05	75,13	1,06	7,2	3,65	0,0	0,0	13,5	0,18	1,10	25,9
El Salvador	76	39,00	27,40	30,71	42,0	0,81	1,10	7,69	71,26	0,47	2,5	3,99	2,2	0,0	6,1	0,14	0,35	5,8
Guatemala	90	50,96	3,77	50,36	35,7	0,82	0,97	6,98	70,34	2,46	4,0	4,04	1,6	0,0	13,7	0,13	0,41	10,6
Haití	55	51,78	0,47	71,73	27,8	0,89	0,25	3,64	61,21	1,57	0,8	---	0,0	0,0	9,8	0,21	0,58	2,3
Honduras	77	51,66	4,00	40,65	55,36	0,80	1,23	5,39	72,20	1,99	4,0	3,89	0,0	0,0	7,2	0,14	0,74	7,8
Jamaica	89	46,50	0,36	9,77	89,9	0,84	5,21	3,92	71,84	0,46	-1,3	3,85	6,9	1,0	2,7	0,37	1,17	12,0
México	87	22,50	6,27	4,47	-36,2	0,54	4,47	7,64	75,07	1,01	1,5	4,19	0,2	0,2	106,6	0,15	0,53	408,3
Nicaragua	68	42,98	6,76	52,45	40,8	0,82	0,82	3,91	73,14	1,32	3,2	3,57	1,0	0,0	5,7	0,18	0,81	4,1
Panamá	83	26,00	11,15	13,46	75,4	0,68	2,17	12,80	75,66	1,61	10,7	4,33	0,0	0,0	3,4	0,10	0,34	6,5
Paraguay	66	39,10	109,95	53,05	-69,9	0,96	0,67	6,10	71,88	1,76	5,8	3,49	2,2	2,0	6,2	0,15	0,39	3,7
Perú	61	28,50	11,99	18,19	13,2	0,99	01,51	14,66	73,26	1,13	9,8	4,11	2,1	1,8	28,8	0,08	0,41	34,9
República Dominicana	84	30,24	1,52	17,98	80,5	0,94	2,11	8,99	72,57	1,37	5,3	3,72	0,0	0,0	9,8	0,08	0,54	19,6
Trinidad y Tabago	93	86,44	0,00	0,08	-142,0	---	27,86	2,06	69,34	0,39	3,5	---	2,8	0,0	1,3	0,92	2,58	38,0
Uruguay	100	7,6	21,91	16,39	61,7	1,17	1,87	11,33	75,98	0,33	8,5	4,23	0,1	0,1	3,3	0,10	0,26	7,6
Rep. Bol. de Venezuela	---	6,34	11,21	0,85	-188,4	0,01	6,02	4,92	73,55	1,59	4,8	3,48	0,0	0,0	27,9	0,32	0,87	145,7
China	82	56,00	3,22	9,94	7,2	1,01	4,96	3,53	73,12	0,51	9,6	4,84	45,0	45,0	1 325,6	0,20	2,50	6 508,2
Francia	100	22,42	45,56	5,07	48,6	1,45	6,00	7,42	81,52	0,54	0,2	5,13	62,6	60,8	64,1	0,15	0,24	368,2
India	84	70,18	2,72	27,19	24,2	0,70	1,43	5,10	---	1,34	5,1	4,33	6,2	6,2	1 140,0	0,14	1,73	1 427,6
Japón	100	33,36	15,33	1,44	82,4	1,54	9,81	7,88	82,59	-0,11	-1,2	5,37	0,2	0,7	127,7	0,14	0,22	1 151,1
España	100	22,74	13,35	3,75	78,9	1,28	8,00	8,89	81,09	0,88	0,9	4,49	19,0	25,0	45,6	0,13	0,43	317,6
Reino Unido	100	9,98	8,22	1,92	16,6	1,65	8,84	9,84	79,90	0,70	0,5	5,25	4,0	22,4	61,4	0,11	0,29	510,6
Estados Unidos	94	18,00	10,80	3,51	28,8	0,78	19,34	5,64	78,44	0,86	0,4	5,43	746,4	740,5	304,5	0,19	0,48	5 595,9

Fuente: IEA y BM. PPP= Purchasing Power Parity.

Cuadro IV.4.9
Matriz de correlaciones de los indicadores seleccionados para todas las dimensiones, incluyendo países desarrollados

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18
Correlaciones	Mejora en suministro de agua, sector rural (porcentaje de la población con acceso) año 2008	Población rural (porcentaje de la población total) - 2009	Energía nuclear y alternativa (porcentaje total de uso de la energía) 2007	Combustibles renovables y residuos (porcentaje del total de energía) 2007	Importaciones de nergía, valor nero (porcentaje del uso de energía) 2007	Precio del dieésel para el usuario (dólares por litro) año 2008	Emisiones de CO2 (toneladas por habitante) 2007	PIB por unidad de uso de energía (dólar 2005 por kep) 2007	Esperanza de vida al nacer (en años) 2008	Crecimientoi de la población (porcentaje anual) año 2008	Crecimiento del PIB (porcentaje anual) año 2008	Índice de competividad (año 2010)	Producción total de biocombustibles (miles de barriles diarios) 2009	Consumo total de biocombustibles (miles de barriles por día) 2009	Población (en millones) año 2008	TPES/GDP (PPP) (toneladas/miles de dólares año 2000) 2008	CO2/GDP (kg CO2)/ 2000 dólares) 2008	Emisiones de CO2 de combustibles (Mt) año 2008
V1	1,00	-0,19	-0,08	-0,64	0,28	0,47	0,47	0,07	0,70	-0,51	-0,31	0,62	0,17	0,18	0,05	0,12	-0,05	0,17
V2		1,00	-0,11	0,35	-0,05	-0,08	0,20	-0,53	-0,52	0,13	-0,03	-0,19	-0,23	-0,23	0,36	0,54	0,69	0,10
V3			1,00	0,23	-0,06	0,17	-0,15	0,12	0,14	0,10	0,02	-0,09	0,00	0,00	-0,14	-0,17	-0,33	-0,11
V4				1,00	0,17	-0,05	-0,52	-0,22	-0,60	0,55	0,04	-0,47	-0,09	-0,10	-0,07	-0,20	-0,14	-0,22
V5					1,00	0,61	-0,15	0,11	0,37	-0,25	-0,18	0,42	0,07	0,07	0,06	-0,37	-0,33	0,09
V6						1,00	0,20	0,23	0,50	-0,54	-0,35	0,67	0,00	0,01	-0,01	-0,41	-0,30	0,05
V7							1,00	-0,33	0,20	-0,42	-0,32	0,71	0,37	0,39	0,03	0,74	0,39	0,34
V8								1,00	0,37	0,02	0,32	0,11	-0,11	-0,10	-0,29	-0,59	-0,61	-0,28
V9									1,00	-0,49	-0,22	0,74	0,13	0,14	0,04	-0,30	-0,35	0,16
V10										1,00	0,27	-0,56	-0,10	-0,10	-0,12	-0,20	-0,13	-0,23
V11											1,00	-0,38	-0,15	-0,17	0,23	-0,15	0,22	0,05
V12												1,00	0,40	0,43	0,31	-0,20	-0,12	0,54
V13													1,00	1,00	0,15	-0,01	-0,11	0,55
V14														1,00	0,16	-0,01	-0,11	0,57
V15															1,00	-0,04	0,59	0,74
V16																1,00	0,68	0,00
V17																	1,00	0,39
V18																		1,00

Fuente: Elaboración propia.

1. Dimensión energía

Para la dimensión de energía se presentan los resultados obtenidos en el dendrograma que se muestra en el gráfico VI.4.1, de acuerdo con el cual se identifican cinco conglomerados o *clusters* que presentan una similitud a lo interno cercana al 67% y que están integrados de la siguiente manera:

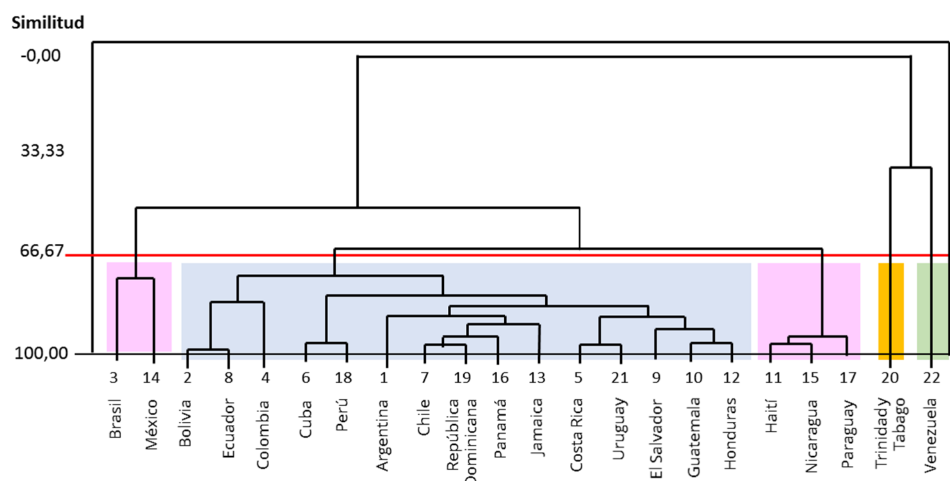
Conglomerado	País
C1	Brasil, México
C2	Haití, Nicaragua y Paraguay
C3	Trinidad y Tabago
C4	Venezuela
C5	Otros países

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el gráfico VI.4.2, obtenido mediante normalización de los puntajes promedio de cada indicador, el conglomerado C1 (el Brasil y México) se caracteriza por países con un alto abastecimiento de energía primaria, C2 (Haití, Nicaragua y Paraguay) son países con un porcentaje bajo de energía procedente de combustibles fósiles y pocos vehículos por cada 1.000 habitantes. C3 (Trinidad y Tabago) tiene una alta intensidad energética, un alto consumo de energía por habitante, una alta relación de vehículos por cada 1.000 habitantes y un alto porcentaje de energía procedente de combustibles fósiles. El C4 (República Bolivariana de Venezuela) tiene bajas importaciones netas de energía y un porcentaje alto de consumo de energía procedente de combustibles fósiles. El conglomerado C5 (resto de países de América Latina) tienen una moderada proporción (en valor) de energía importada, un precio de la gasolina moderadamente alto y un consumo final por habitante bajo.

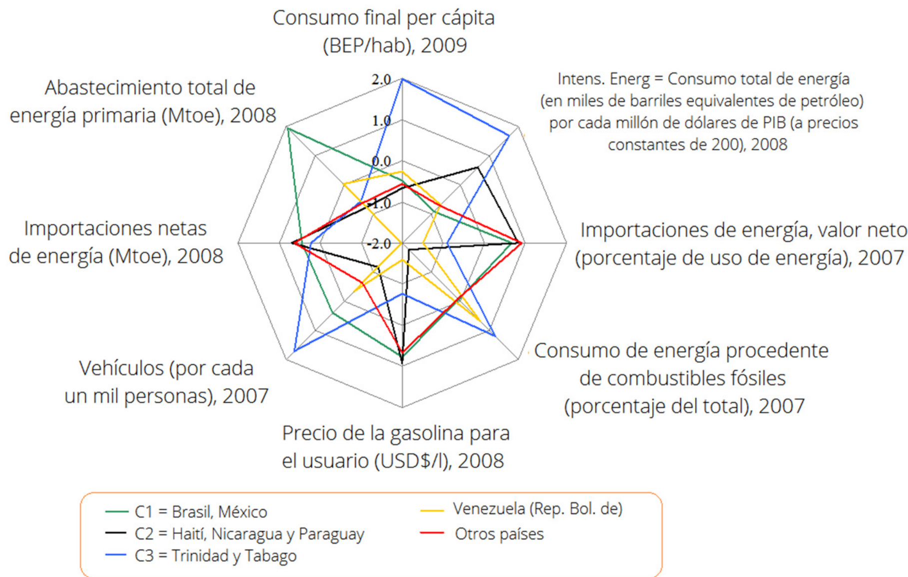
Nótese que los países que quedan solos en un conglomerado —casos C3 y C4, con Trinidad y Tabago y la República Bolivariana de Venezuela— no puede ser objeto de las mismas políticas que otros porque, en realidad, son distintos a los demás.

Diagrama VI.4.1
Dendrograma para la dimensión de energía



Fuente: Elaboración propia.

Diagrama VI.4.2
Diagrama radial para la dimensión de energía utilizando indicadores normalizados de acuerdo con su conglomerado



Fuente: Elaboración propia.

2. Dimensión de cambio climático

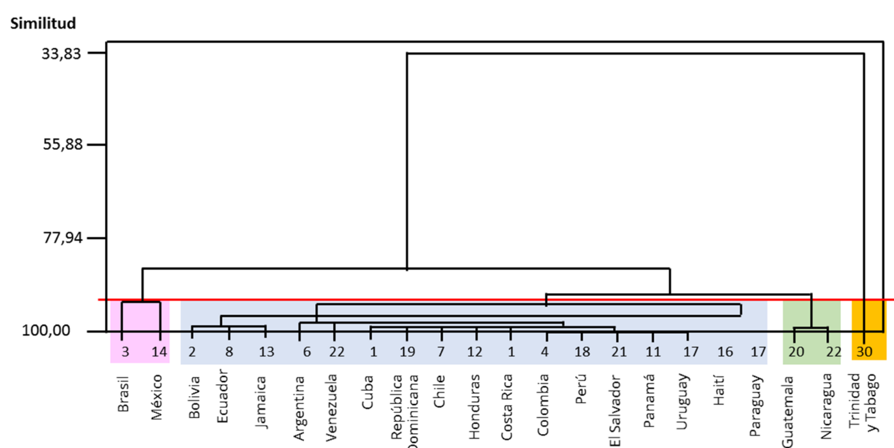
En la dimensión de cambio climático se definieron claramente cuatro grupos o conglomerados que presentan un grado de similitud de alrededor de 91,8% y están integrados por los siguientes países:

Conglomerado	País
C1	Brasil, México
C2	Guatemala, Nicaragua
C3	Trinidad y Tabago
C4	Otros países

Fuente: Elaboración propia.

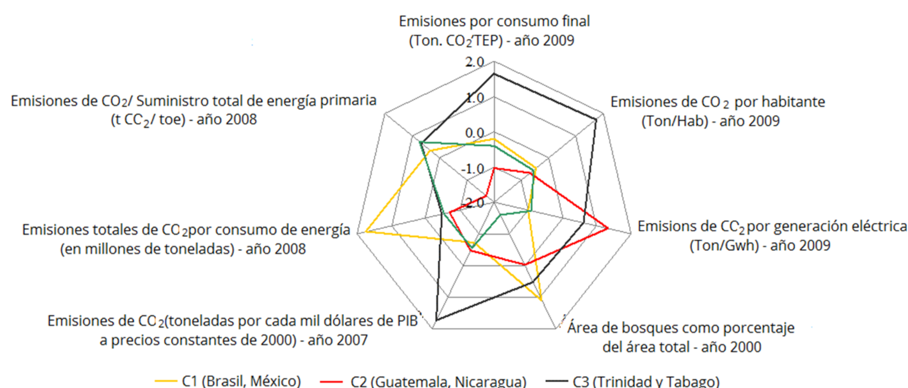
Estos grupos de países se visualizan fácilmente en el dendrograma que se presenta en el gráfico VI.4.3. De acuerdo con el gráfico VI.4.4, el conglomerado C1 (el Brasil y México) se caracteriza por países con altas emisiones de CO_2 por consumo de energía, con un porcentaje alto de área de bosque. En el caso del conglomerado C2, integrado por Guatemala y Nicaragua, se trata de países con altas emisiones de CO_2 por generación eléctrica y bajas emisiones de CO_2 con respecto al suministro total de energía primaria. El conglomerado C3 (Trinidad y Tabago) tiene una intensidad energética alta, emisiones altas por consumo final y su por habitante. El conglomerado C4 (resto de países) tiene una alta proporción de emisiones de CO_2 con respecto al suministro total de energía primaria y un bajo porcentaje de bosque con respecto al área total del país.

Diagrama VI.4.3
Dendrograma para dimensión de cambio climático



Fuente: Elaboración propia.

Diagrama VI.4.4
Diagrama radial para la dimensión de cambio climático, utilizando indicadores normalizados de acuerdo con su conglomerado



Fuente: Elaboración propia.

3. Dimensión desarrollo sostenible

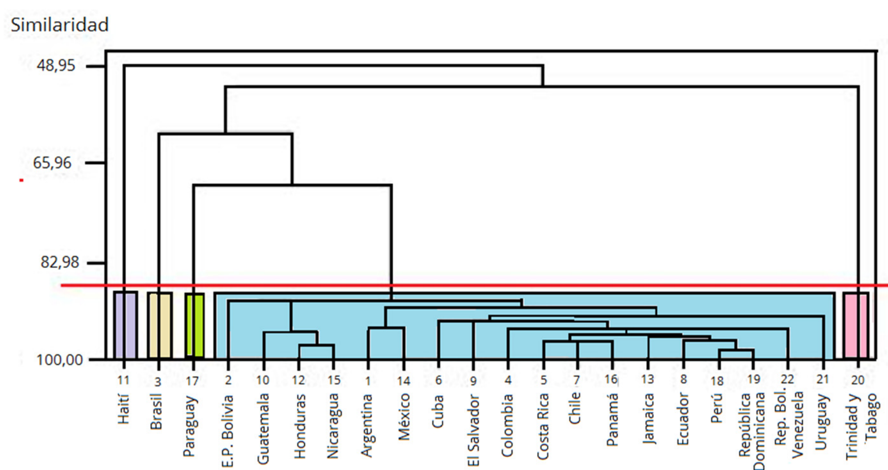
En la dimensión de desarrollo sostenible se perfilaron claramente cinco grupos o conglomerados con un grado de similitud de 87%, integrados cada uno por los siguientes países:

Conglomerado	País
C1	Trinidad y Tabago
C2	Haití
C3	Brasil
C4	Paraguay
C5	Otros

De acuerdo con el gráfico VI.4.6, el conglomerado C1 (Trinidad y Tabago) se caracteriza por ser un país con un PIB y una oferta total de energía por habitante muy alta, así como por un alto

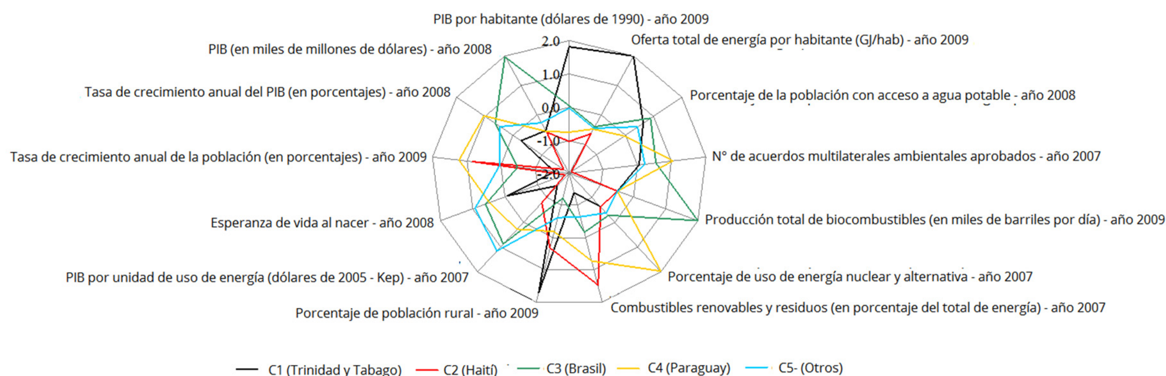
porcentaje de población rural. El conglomerado C2 (Haití) tiene un alto uso de combustibles renovables y residuos, una baja esperanza de vida de su población, un bajo (el Brasil) tiene un PIB y una producción de biocombustibles muy alta aunado a un bajo porcentaje de población rural. El conglomerado C3, y nuclear, presenta una tasa alta de crecimiento de la población y un número alto de acuerdos multilaterales ambientales aprobados. El conglomerado C4 (Paraguay) se caracteriza por tener un alto porcentaje de uso de energía alternativa, un importante número de acuerdos multilaterales ambientales aprobados y una baja tasa de crecimiento del PIB. El conglomerado C5, compuesto por el resto de países, se caracterizan por una intensidad energética y una esperanza de vida altas.

Diagrama VI.4.5
Dendrograma para dimensión de desarrollo sostenible



Fuente: Elaboración propia.

Diagrama VI.4.6
Diagrama radial para la dimensión de desarrollo sostenible, utilizando indicadores normalizados de acuerdo con su conglomerado



Fuente: Elaboración propia.

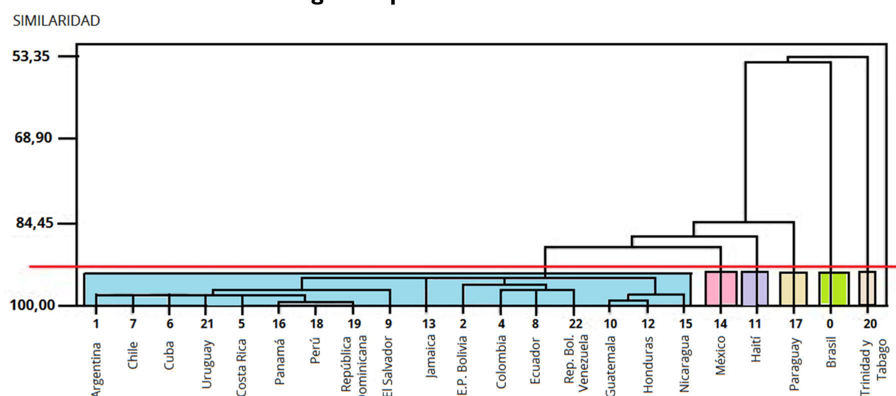
4. Todas las dimensiones: cambio climático, energía y desarrollo sostenible

También se hizo una corrida con las tres dimensiones juntas y se formaron los siguientes seis conglomerados o *clusters*:

Conglomerados	
C1	Trinidad y Tabago
C2	Brasil
C3	Paraguay
C4	Haití
C5	México
C6	Otros

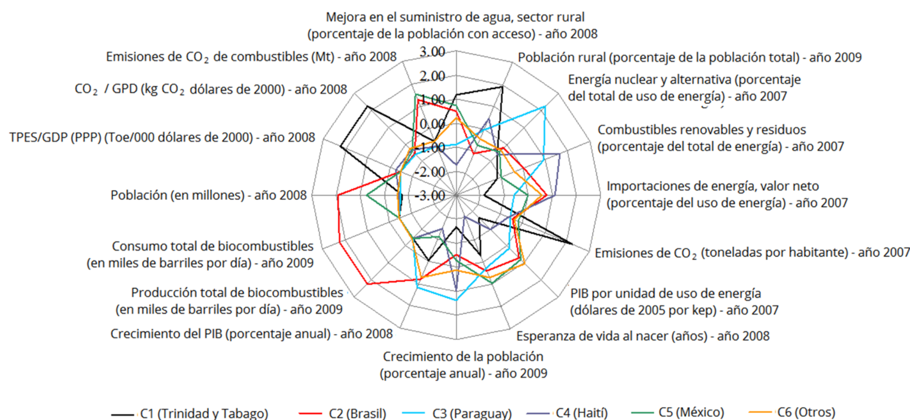
El gráfico VI.4.7 muestra el dendrograma con la línea que define los seis conglomerados que se han formado, para una similitud aproximada de 92,2%. El gráfico VI.4.8 presenta un diagrama radial de cada uno de los indicadores en forma comparativo para los seis *clusters* que se obtuvieron.

Diagrama VI.4.7
Dendrograma para todas las dimensiones



Fuente: Elaboración propia.

Diagrama VI.4.8
Diagrama radial empleando todas las dimensiones con valores normalizados de acuerdo con su conglomerado



Fuente: Elaboración propia.

5. Todas las dimensiones incluyendo países desarrollados y en vías de desarrollo

Este análisis se realizó incluyendo datos de países desarrollados: el Reino Unido, los Estados Unidos, España, Japón, Francia y países en vías de desarrollo (China e India) para ver su agrupación y similitud con los países latinoamericanos, se espera que estos países que se agregan, permanezcan en una categoría (*cluster*) aparte.

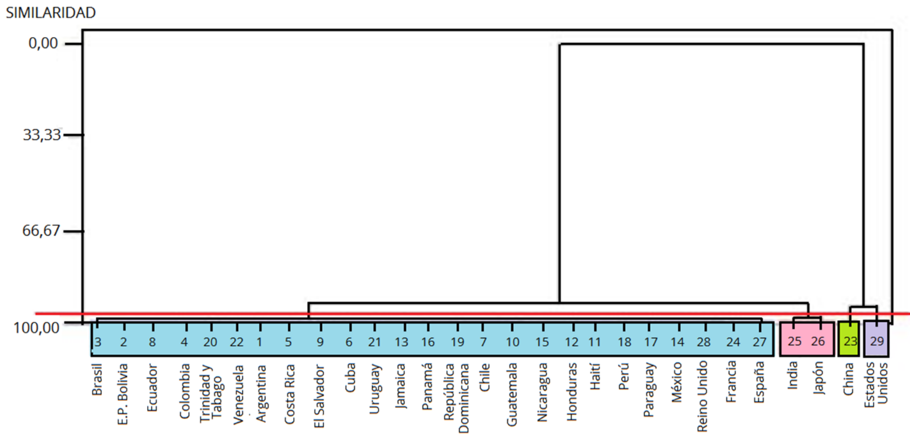
Dado que CEPAL y OLADE manejan básicamente información de América Latina, para el análisis realizado en esta sección se utilizaron las variables cuyas fuentes de información eran *Energy Information Administration* (EIA), Banco Mundial (BM) y el *Word Economic Forum* (WEF).

Se obtiene un altísimo grado de similitud del 96,3% (véase el gráfico VI.4.9) en los conglomerados que se han formado, a saber:

Conglomerado	Región/País
C1	Estados Unidos
C2	China
C3	Japón, India
C4	América Latina, España, Francia y Reino Unido

Diagrama VI.4.9

Dendrograma todas las dimensiones, incluyendo países desarrollados



Fuente: Elaboración propia.

El C1 (EUA) se caracteriza por una alta producción y consumo de biocombustibles, un alto índice de competitividad, altas emisiones por habitante de CO_2, un bajo consumo porcentual de combustibles renovables y de residuos con respecto al consumo total, baja población rural y bajo precio del diésel.

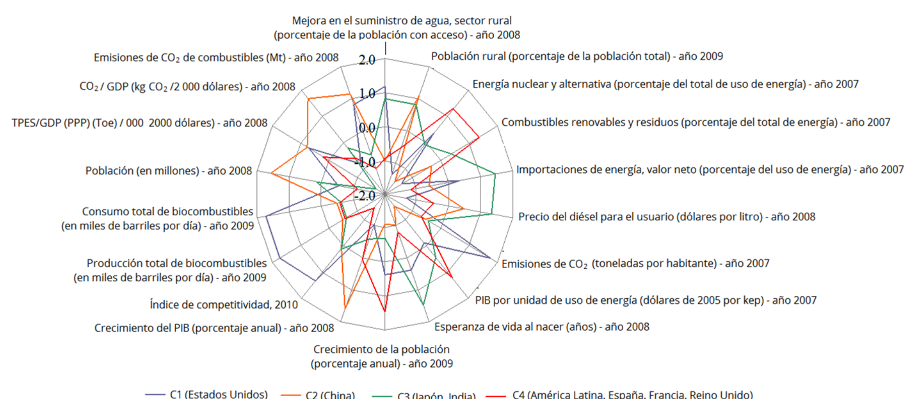
El C2 (China) se caracteriza por una elevada tasa de crecimiento del PIB, alta población, una alta emisión de CO_2 por unidad de valor agregado, un alto porcentaje de población rural y un bajo porcentaje de mejora en el suministro de agua potable en el sector rural.

El C3 (Japón e India) tienen una alta esperanza de vida al nacer, un precio alto del diésel al consumidor, un porcentaje alto de importaciones de energía y un bajo uso de energía primaria por unidad de valor agregado.

El C4 (América Latina, España, Francia y Reino Unido) cuentan con altos porcentajes de uso de energía nuclear, alternativa y residuos, un alto crecimiento de la población y del PIB por unidad de uso de la energía y un bajo índice de competitividad.

Interesante que América Latina se agrupe con España, Francia y el Reino Unido; es de esperar que políticas y estrategias en energía, cambio climático y desarrollo sostenible que han sido efectivas en esos tres países desarrollados, lo puedan ser también en América Latina.

Diagrama VI.4.10
Diagrama radial con todas las dimensiones, empleando indicadores normalizados de acuerdo con su conglomerado (incluye países desarrollados)



Fuente: Elaboración propia.

F. Conclusiones y recomendaciones

Mediante el Análisis de Conglomerados fue posible formar agrupaciones o taxonomías de países en cada una de las dimensiones bajo análisis, a saber: energía, cambio climático y desarrollo sostenible, mismos que se presentan en forma resumida en el cuadro 10.

Cuadro VI.4.10
Países seleccionados: resumen de los conglomerados formados de acuerdo con la dimensión en consideración

Energía	Cambio climático	Desarrollo sostenible	Las tres dimensiones conjuntas	Las tres dimensiones incluyendo países desarrollados o en vías de desarrollo
C1. Brasil, México	**C1**. Brasil, México	**C1**. Trinidad y Tabago	**C1**. Trinidad y Tabago	**C1.** Estados Unidos
C2. Haití, Nicaragua, Paraguay	**C2.** Guatemala, Nicaragua	**C2.** Haití	**C2**. Brasil	**C2.** China
C3. Trinidad y Tabago	**C3.** Trinidad y Tabago	**C3.** Brasil	**C3.** Paraguay	**C3.** Japón, India
C4. Venezuela	**C4**. Otros países	**C4.** Paraguay	**C4.** Haití	**C4.** América Latina, España, Francia y Reino Unido)
C5. Otros países		**C5.** Otros países	**C5.** México	
			C6. Otros	

Fuente: Elaboración propia.

Nótese que exceptuando el caso cuando se incluyen a los países desarrollados o en vías de desarrollo, en todos los casos, Trinidad y Tabago queda en un conglomerado aparte. El Brasil queda solo en dos de los cinco resultados obtenidos y se agrupa con México en las dimensiones de energía y cambio climático. Paraguay queda solo en dos de los resultados, tanto cuando se realiza el análisis conjunto de las tres dimensiones y como en la de desarrollo sostenible; interesante que Haití también queda solo en esas mismas dimensiones, pero ambos países conforman un conglomerado en la dimensión de energía. La República Bolivariana de Venezuela y México solo quedan solos en dos de las dimensiones: la República Bolivariana de Venezuela en energía y México al analizar en forma conjunta las tres dimensiones. Nicaragua forma un conglomerado con otros países en dos de las dimensiones (energía y cambio climático). Guatemala solo aparece en un conglomerado aparte en la dimensión de cambio climático.

Al introducir países desarrollados, aquellas diferencias que se detectaron para las dimensiones en consideración tienden a desaparecer, países latinos que eran diferentes ya no lo son tanto, los Estados Unidos y China conforman conglomerados aparte, Japón e India están en otro conglomerado y América Latina se agrupa con países como España, Francia y el Reino Unido.

Los conglomerados formados son homogéneos y los países que los conforman a lo interno tienden a ser similares entre sí. Y cada grupo es diferente al compararse con los otros conglomerados formados, de modo que es posible aplicar políticas y estrategias particulares a cada grupo, de hecho, es posible tomar uno o dos países como representativos de cada conglomerado para la aplicación de ciertos programas o proyectos, cuyos resultados se esperarían sean similares en el resto de países del grupo al que pertenecen. Esto es un aspecto importante para organismos que brindan cooperación técnica o tienen planeados proyectos en energía, cambio climático y desarrollo sostenible en América Latina.

Este trabajo sirve como un ejemplo de aplicación de la técnica, lo cual permitiría depurar en un futuro la base de datos, incluyendo otros indicadores en cada una de las dimensiones o explorar el efecto de otras medidas y reformas socioeconómicas tales como: la liberalización del comercio, la comercialización del sector público, y la reforma fiscal, la aplicación de instrumentos de mercado, fortalecimiento institucional, uso de impuestos y subsidios en los combustibles fósiles, desregulación, internalización de los costos ambientales en los precios, entre otros temas.

G. Bibliografía

Bárcena, A.(2008), *Reflexiones sobre cambio climático y energía en América Latina y el Caribe* [en línea], CEPAL <www.cepal.org/noticias/paginas/8/33638/cambioclimaticoparis.pdf>.

BP (2010), Statistical Review of World Energy, June.

CEPAL (Comisión Económica para América Laitna y el Caribe) (1991), *Nuestra propia agenda sobre desarrollo y medio ambiente*.

_______ (2009), *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe*.

_______ (2006), *Insumos para identificar políticas innovadoras, lecciones aprendidas y mejores prácticas en los temas de energía, desarrollo industrial, contaminación del aire/atmósfera y cambio climático en la región de América Latina y el Caribe*. México.

IAEA (International Atomic Energy Agency) (2005), *Energy indicators for Sustainable Development: Guidelines and methodologies*, Vienna, Austria.

IEA (International Energy Agency) (2010), Key world energy statistics.

OLADE (Organización Latinoamericana de Energía)-CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) - GTZ (Sociedad Alemana de Cooperación Técnica) (2000), *Energía y desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe: Guía para la formulación de políticas energéticas*.

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) (2008), *Guía de Recursos de Género para el cambio climático*, México.

UN (United Nations) (2010), *Objetivos de desarrollo del milenio: avances en la sostenibilidad ambiental del desarrollo en América Latina y el Caribe*, United Nations (LC/G.2428-P), enero.

_______(1987), Report of the World Commission on Environment and Development, United Nations, «General Assembly Resolution 42/187», 11 December 1987.

WEF (World Economic Forum) (2010), *The Global Competitiveness Report 2010-2011*, Geneve, Switzerland.

Sitios web

- Banco Mundial [en línea],<datos.bancomundial.org>.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) [en línea], <websie.eclac.cl>.
- OLADE (Organización Latinoamericana de Energía) [en línea], <www.olade.org.ec/>.
- US-EIA (United States Energy Information Administration [en línea], <www.eia.doe.gov/>.

Artículo VI.5
Cuentas de energía como instrumento para evaluar eficiencias sectoriales en la región centroamericana

SEGUNDO LUGAR
PREMIO FERNANDO CUEVAS 2010

Juan Pablo Castañeda, Renato Vargas, Juventino Gálvez y Héctor Tuy *
Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (IRNA)
de la Universidad Rafael Landívar (Guatemala)

Resumen

En la región centroamericana, Guatemala ha sido pionero en la elaboración y utilización proactiva de «Cuentas de Energía», las cuales se definen como un marco contable que proporciona una descripción detallada del uso de energía por las distintas actividades económicas y brindan un registro de la producción de emisiones asociado a las distintas fuentes energéticas utilizadas. La estructura contable para desarrollar dichas cuentas se basa en las clasificaciones y definiciones del «Sistema de Contabilidad Nacional», principal instrumento de medición del desempeño económico en los países de la región Centroamericana y del mundo. Uno de los objetivos de las cuentas es la estimación del desempeño energético de las distintas actividades económicas, lo cual se logra a través de una serie de indicadores. La experiencia tanto en la construcción, como en el uso de las «Cuentas de Energía» ha sido muy aleccionadora para el país y hace pensar del gran potencial que estas tienen como un instrumento para el seguimiento del uso eficiente de energía a nivel macro y sectorial, tanto en el ámbito nacional como regional. Es por ello que se desarrolla este ensayo, que incluye una discusión sobre las posibilidades reales de implementar y utilizar las «Cuentas de Energía» en países en vías de desarrollo como complemento a los ya conocidos balances energéticos y estadísticas energéticas tradicionales, en particular en su aplicabilidad en países centroamericanos. Para el desarrollo del ensayo se utilizan como caso de estudio de caso, el ejercicio de las «Cuentas de Energía» de Guatemala para el período 2001-2006, describiendo las lecciones aprendidas del proceso de implementación, desde los arreglos institucionales hasta el uso de la información por los actores clave.

Palabras clave: cuentas de energía, eficiencia energética, intensidad energética SCAEI, Guatemala.

A. Introducción

Los desafíos planteados en la Agenda 21 y subsecuentes cumbres y agendas complementarias, reconocen la importancia de proporcionar información física y monetaria en una forma consistente con las estadísticas económicas, con el objeto de contribuir a la integración de políticas económicas y ambientales, que permitan tomar decisiones y acciones para hacer operativo el concepto de desarrollo sostenible. Sin embargo, las múltiples perspectivas para abordar dicho concepto, han hecho difícil formalizar un sistema que integre a los subsistemas ambiental y económico, derivando en varios enfoques de medición. Algunos de estos enfoques involucran indicadores físicos, otros incluyen

* Contacto: Juan Pablo Castañeda. Tel.: (502) 2426-2626, ext. 2657.

aspectos monetarios y algunos presentan registros tanto monetarios como físicos, como el caso del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica Integrada (SCAEI), el cual a la postre se ha convertido en el más relevante a nivel internacional.

El SCAEI ha sido utilizado en varios países, logrando avances especialmente significativos en la comunidad europea, donde las oficinas de estadísticas en muchos casos tienen unidades especializadas en la materia. En los países de habla hispana, destacan los aportes de España, México y Colombia, que ha utilizado el sistema y mantienen un registro periódico de sus indicadores. En Centroamérica, Guatemala ha sido el referente en este tipo de aplicaciones a partir de 2006, en donde este sistema de cuentas se desarrolló a través de una iniciativa impulsada por el Instituto de Agricultura Recursos Naturales y Ambiente (IARNA) de la Universidad Rafael Landívar, utilizando un modelo de alianzas público-privadas que demostró su efectividad operativa durante un período relativamente corto de tiempo (tres años a partir de la formalización de los acuerdos interinstitucionales).

El SCAEI de Guatemala fue conceptualizado como una plataforma de análisis que proporciona información a nivel nacional sobre las existencias y flujos asociados al subsistema natural, brindando una descripción detallada de las interrelaciones entre este y el subsistema económico. En ese sentido, se adopta en Guatemala una visión más amplia dentro de un enfoque de sistemas, en el cual los subsistemas ambiental y el económico, al igual que el social e institucional son parte de un sistema socio ecológico[161].

En el ámbito de la energía y las emisiones atmosféricas, las Cuentas de Energía (CE) de Guatemala se valen del marco analítico del SCAEI para responder a los desafíos planteados anteriormente. En general estas cuentas ordenan, sistematizan e integran información física sobre la producción y utilización de energía, sobre la producción de emisiones, y vinculan estos datos físicos con la información económica que provee el Sistema de Cuentas Nacionales (SCN).

La experiencia tanto en la construcción, como en el uso de las CE, ha sido muy aleccionadora para el país y hace pensar que dichas cuentas poseen un gran potencial para el seguimiento del uso eficiente de energía a nivel macro y sectorial, tanto en el ámbito nacional como regional, brindando un campo fértil para la aplicación de políticas públicas. Es por ello que se plantea una doble intencionalidad al desarrollar el presente ensayo. El primer propósito va en la línea de examinar los arreglos institucionales que permitieron desarrollar las CE en Guatemala y derivar lecciones aprendidas que puedan ser útiles para otros países de la región centroamericana y de países pequeños con similares características institucionales. El segundo propósito es el de presentar los aspectos técnicos que definen las CE, los métodos aplicados, los mecanismos de compilación, los principales indicadores y su potencial para monitorear eficiencias sectoriales en el uso de energía y la producción de emisiones.

A continuación el ensayo se divide en cinco secciones. En la segunda sección se presentan los antecedentes sobre el método de cuentas ambientales y de energía, su estructura general y compilación, dando especial énfasis a las CE. En la tercera sección se describen los arreglos institucionales. En la cuarta sección se presentan los principales resultados y en la quinta sección se examina las opciones para el seguimiento de eficiencias sectoriales. Finalmente en la sexta sección se

---

161 Para una descripción de dicho enfoque, véase IARNA/URL, 2009. Para una descripción detallada de los aspectos conceptuales del SCAEI véase IARNA/URL, 2008. En el contexto del SCAEI de Guatemala, el subsistema natural es tratado como sinónimo de ambiente natural, medio ambiente o ambiente. El término recurso natural también es tratado de forma análoga con el de bien natural.

presentan las conclusiones generales, donde se hace una reflexión sobre las lecciones aprendidas y el potencial de las cuentas en la región centroamericana.

B. Metodología y datos

1. Antecedentes sobre las cuentas ambientales y de energía

Las CE, junto con otras cuentas ambientales (bosque, agua, subsuelo, etc.), conforman el SCAEI de Guatemala, el cual se define como un marco analítico que examina las interrelaciones entre el medio ambiente y la economía. El SCAEI es un tipo de cuenta satélite del SCN[162], que permite integrar capacidad analítica de la contabilidad nacional a determinadas áreas de interés social y permiten: i) proporcionar información adicional sobre determinados aspectos, y ii) utilizar conceptos complementarios y/o alternativos, incluida la información económica y ambiental de manera consistente con las cuentas macroeconómicas (UN y otros, 2003).

El marco conceptual y metodológico, tanto del SCN como del SCAEI, ha sido desarrollado por Naciones Unidas y otros organismos internacionales (FMI, BM, CE, OCDE); en el caso del SCN, a partir de la segunda mitad de la década de 1940, y en el caso del SCAEI a partir de la década de 1980. Como soporte metodológico en la aplicación del SCAEI de Guatemala se utilizaron para el tema de cuentas nacionales, los manuales del SCN93 (UN y otros, 1993) y la adaptación hecha por el Banco de Guatemala (BANGUAT) para Guatemala (BANGUAT, 2007). En relación al tema específico de las CE se utilizaron manuales y reportes de cuentas de energía de distintos países, entre otros, Holanda, Nueva Zelandia y Alemania[163].

Las CE requieren un esfuerzo sustancial de recopilación de información a nivel nacional con ciertas características de calidad y confiabilidad, y que además sea compatible o sea susceptible de armonización con el SCN. En ese sentido hay dos aspectos que valen la pena revisar con respecto a las estadísticas relacionadas a las CE: i) las características de las estadísticas relacionadas con las emisiones, y ii) las características de las estadísticas relacionadas con el monitoreo energético.

En términos del monitoreo de emisiones, destaca que en 1990 el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) informó a la 45ª Asamblea General de las Naciones Unidas que podía esperarse un aumento de la temperatura global de 0,3°C por década y una elevación de los océanos de seis centímetros cada diez años (IPCC, 2004). De acuerdo con ellos, esto sucedería producto de la emisión antropogénica de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera.

Por esa razón, se empezó a trabajar en la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCC, por sus siglas en inglés) de 1992, la cual eventualmente desarrolló el instrumento internacional conocido como Protocolo de Kioto. Este protocolo obliga a las naciones desarrolladas a reducir sus emisiones al menos 5% bajo los niveles reportados para 1990 y establece mecanismos para alcanzar dichas metas de manera individual o a través de mecanismos de mercado como el canje de emisiones con naciones poco contaminantes (es decir, los países en vías de desarrollo) hasta 2012. Esto le dio vital importancia al establecimiento de métodos confiables de

---

162 Según Ortúzar (2001), las cuentas o “sistemas satélite” » subrayan la necesidad de ampliar la utilización de clasificaciones, cuando se necesitan introducir dimensiones adicionales en el marco conceptual de las cuentas nacionales; iii) ampliar la cobertura de los costos y beneficios de las actividades humanas; iv) ampliar el análisis de los datos mediante indicadores y agregados pertinentes; y v) vincular las fuentes y el análisis de datos físicos con el sistema contable monetario.

163 Statistics New Zealand (2003).

estimación emisiones en los países y culminó en la elaboración de las Guías del IPCC para la elaboración de inventarios de GEI (IPCC, 2006).

En términos de monitoreo energético, a partir de la década de 1970, dada una importante crisis petrolera que sacudió la estabilidad económica global, las estadísticas de aspectos relacionados con la energía cobraron importancia, y desde esa época hasta el presente se mejoró la recopilación de las mismas, a través de diferentes instrumentos, como balances energéticos y otros tipos de inventarios.

Sin embargo, el análisis disperso de esa información se tornó insuficiente para dilucidar los vínculos entre lo energético, lo económico, lo social, lo institucional y lo ambiental. Dentro de ese contexto surge las CE para vincular definitivamente los datos sobre energía con aquellos relacionados a las emisiones y el desempeño económico.

En el contexto descrito, la CE de Guatemala se definen como un marco que permite la interrelación de datos de las diferentes actividades económicas con información proveniente de balances energéticos, encuestas industriales, encuestas de hogares y otras fuentes; con el fin de determinar de dónde proviene la energía que utiliza el sistema económico, de qué tipo es, qué residuos produce el aprovechamiento de la misma y cómo es utilizada por los diferentes agentes económicos, de manera directa o indirecta. Específicamente, las CE persiguen cinco objetivos puntuales: i) determinar la disponibilidad de bienes energéticos del país; ii) demostrar, a través del análisis de flujos, los niveles de consumo energético de cada una de las actividades productivas y de consumo; iii) revelar la cantidad de dióxido de carbono, óxido nitroso y metano que cada una de las actividades económicas libera a la atmósfera, producto de la combustión de productos energéticos; iv) estimar el desempeño energético de las actividades económicas estudiadas; y v) reflejar el deterioro ambiental causado por el consumo de energéticos dentro de los indicadores macroeconómicos.

2. La estructura de cuentas

El punto de partida para el SCAEI es el reconocimiento de la relación intrínseca entre el ambiente y la economía. En esta relación, el ambiente provee bienes en la forma de insumos para la producción (suelo, nutrientes, madera, entre otros) y servicios en la forma de condiciones que afectan el desarrollo de procesos productivos (regulación del clima, control de erosión, refugio, entre otros). En la economía se producen y consumen bienes y servicios, proceso que genera residuos que en su mayor parte son depositados en el ambiente y en algunos casos, son reutilizados (reciclaje). De estas relaciones se derivan las cuentas y subcuentas que componen el marco contable del SCAEI.

La CE es parte integral de dicho marco, el cual posee, a la vez, una estructura de cuentas y una estructura temática. En cuanto a la estructura temática, el SCAEI aborda los siguientes temas: bosque, agua, subsuelo, energía y emisiones, tierra y ecosistemas, recursos pesqueros y acuícolas, residuos, y gastos y transacciones. Dichos temas se desarrollan por separado y tienen su propia nomenclatura. Aunque en el proceso de cálculo los temas del SCAEI se abordan aisladamente, todos ellos se integran en una sola estructura de cuentas, la cual se logra a través de la división en cuatro cuentas comunes: activos, flujos, gastos y transacciones, y agregados e indicadores complementarios.

Para la CE, *la cuenta de activos* mide la disponibilidad de energía en la naturaleza. En el caso del SCAEI de Guatemala, las disponibilidades se registran en otras cuentas afines, por ejemplo en la cuenta de agua se registra la disponibilidad de agua con potencial para la producción de energía eléctrica. *La cuenta de flujos* registra el movimiento de energía del ambiente a la economía y viceversa, y entre agentes de este sistema económico. *La cuenta de gastos y transacciones* registra el conjunto de

erogaciones realizadas para prevenir, mitigar y restaurar los daños a los bienes y servicios naturales, producto de la utilización de energía, así como los gastos para la gestión sostenible de dichos bienes. *La cuenta de agregados e indicadores complementarios* evalúa o ajusta los agregados del SCN, tal como el Producto Interno Bruto (PIB) y presenta indicadores complementarios, tales como intensidad en el uso del recurso y el índice de desacoplo.

Dada las particularidades de compilación de las estadísticas energéticas y de la importancia de definir indicadores de eficiencia, este ensayo se enfoca en presentar los resultados para la cuenta de flujos y la cuenta de agregados e indicadores complementarios.

3. Compilación y fuentes de información

La secuencia que se utilizó para la compilación de datos dentro de la estructura descrita, requirió del procesamiento inicial de la información básica, la cual se reclasificó para que coincidiera con los rubros de actividades y productos que el sistema estipula (armonización de clasificaciones). Esto se hizo identificando a cada dato de acuerdo con su posición en la Nomenclatura de Actividades de Guatemala (NAEG), la Nomenclatura de Productos de Guatemala (NPG), la Clasificación de Residuos (CR) o en alguna combinación de éstas. Como se mencionó, esto aseguró la consistencia para poder hacer comparaciones interanuales.

Un insumo importante en la elaboración del SCAEI es el conjunto de datos monetarios del SCN. Para el caso de las CE, se partió del Cuadro de Oferta y Utilización de Guatemala (COU), el cual se compone de dos partes. Para ambas, en un eje están identificados los diferentes productos de la NPG y en el otro las diferentes actividades económicas de la NAEG. En la primera parte están consignadas las cantidades monetarias que cada industria ha ofertado a la economía de cada producto, a precios básicos: la oferta. En la segunda, están registradas las cantidades monetarias que las industrias demandan de cada producto a precios de comprador, lo que se constituye como el consumo intermedio de la economía, así como lo que compran los hogares y el gobierno en el proceso de consumo final. Es decir, la utilización. La diferencia entre ambos —es decir, el Valor Bruto de la Producción, menos (VBP) el Consumo Intermedio (CI)— es el Valor Agregado (VA) de la economía y la suma de todos los valores agregados de las actividades, después de sumarle los impuestos a los productos y restarle las subvenciones a los mismos, se conoce como Producto Interno Bruto (PIB).

De estos primeros cuadros se extrajeron aquellos renglones correspondientes a los productos energéticos, con lo cual se creó una versión reducida del Cuadro de Oferta y Utilización que muestra el desempeño en términos puramente monetarios de solamente los bienes energéticos. Seguidamente, en la parte de la oferta se removieron los montos monetarios y se consignaron cantidades físicas de oferta expresadas en sus unidades convencionales, proveniente de las estadísticas de producción e importación energética del país. Dado que la oferta debe ser igual a la utilización, la suma de los usos individuales de la economía no puede superar estos totales, lo cual provee un marco de referencia para la compilación del cuadro de utilización. De la utilización de energéticos en términos monetarios por parte de las diferentes actividades económicas, se estimó una participación en el uso total de cada uno de esos bienes, lo cual permitió asignar una cantidad física de energía utilizada a cada actividad económica.

Las estimaciones físicas del consumo de cada bien energético obtenidas por cada una de las actividades económicas, se tradujeron a la unidad de cuenta calórica (terajoule), con la cual fue posible inferir la emisión de algunos de gases efecto invernadero[164]. Esto se hizo a través de una

---

164 Dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O).

matriz de coeficientes técnicos de conversión a emisiones, basada en las guías del IPCC (2006), por la cual se multiplicaron los consumos en terajoules y como resultado se obtuvieron las toneladas métricas de dióxido de carbono, óxido nitroso y metano liberadas a la atmósfera.

Para el ejercicio se utilizó, en donde los había, datos de las estadísticas oficiales del país y, en donde no los había, las mejores estimaciones posibles. Como se mencionó, la parte monetaria se tomó del Sistema de Cuentas Nacionales (SCN) del Banco de Guatemala (BANGUAT, 2007a y 2007b). Puesto que la CIEE es una cuenta satélite de dicho sistema, ésta debía ser completamente compatible con las particularidades del mismo. El ejercicio vinculó cada transacción económica con un flujo físico energético y cada uno de esos flujos con una respectiva liberación de emisiones a la atmósfera. Para esto, se consideraron 11 grupos de productos, entre los que se encuentran: leña, petróleo crudo, carbón mineral, bagazo de caña, gasolina, diésel, búnker, querosín, gases licuados de petróleo, otros derivados del petróleo y energía eléctrica.

La Unidad de Planificación Energética del Departamento de Desarrollo Energético al interior de la Dirección General de Energía del Ministerio de Energía y Minas (MEM) está encargada de la elaboración de los balances energéticos del país de donde proviene mucha de la información a nivel agregado de las eficiencias energéticas de la energía de origen hídrico y de la de origen geotérmico.

Además, de ahí se obtuvo información acerca del consumo de carbón mineral, de bagazo de caña y de la parte de la energía eléctrica que no se genera ni comercia dentro del Sistema Nacional Interconectado (SNI). El resto de la energía eléctrica que fluye a través del SNI es competencia del Administrador del Mercado mayorista (AMM) y está regulada por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE), instituciones de las cuales se obtuvieron los datos de producción, consumo y comercialización de ese producto (AMM, 2008). En cuanto a la extracción petrolera y la importación de los derivados del petróleo, los datos se obtuvieron de las estadísticas de la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas.

A pesar de que la leña es de uso generalizado en la población del país, las estadísticas de su producción, comercialización y consumo son escasas. Por esa razón, se estimó indirectamente el consumo de la misma, con base en los datos de la Encuesta Nacional de Condiciones de Vida de 2006 (INE, 2007). En ella se pregunta a los hogares acerca del consumo de leña. Lamentablemente, la pregunta relacionada con el volumen de leña utilizado muestra arbitrariedad en la unidad de medida a utilizar, a la que la encuesta denomina «unidades». Sin embargo, en los distintos lugares del país, las unidades de uso común son tan variadas como las mismas regiones. La leña puede ser comercializada por tarea, por carga, por rama; así que las respuestas ahí consignadas no eran utilizables para la estimación. Sin embargo, a aquellos hogares que la compraron se les preguntó acerca del costo total de lo utilizado en el hogar y, para aquellos que la recogieron o la obtuvieron por otros medios, se les requirió que estimaran su valor en el mercado. A través de los precios promedio del m^3 de leña obtenidos por IARNA-URL (2007a) en las distintas regiones administrativas del país, tanto en el área urbana como rural, se dedujo el volumen consumido por cada familia en el mes anterior a la encuesta. Ese valor fue anualizado y se calculó que en 2006 los hogares guatemaltecos extrajeron alrededor de 20,6 millones de metros cúbicos de leña. Ese dato es muy superior a las estimaciones anteriores y su presentación provocó ciertas modificaciones a las percepciones con respecto a la verdadera importancia de ese energético para el país y el potencial efecto que el uso del mismo puede tener para la cobertura forestal.

C. Arreglos institucionales: un caso de alianzas público-privadas para la compilación de cuentas ambientales y de energía

En Guatemala, el SCAEI se desarrolló y consolidó en un proceso que consistió en cinco etapas: i) la formalización de acuerdos entre instituciones que generan, utilizan y oficializan información; ii) la formulación, aplicación y validación del marco analítico para el SCAEI y para las cuentas específicas; iii) la compilación y/o generación de la información necesaria para la etapa anterior; iv) el análisis de la información, la producción de resultados y la generación de propuestas; y, v) el diseño y aplicación de instrumentos y mecanismos de seguimiento y evaluación.

Al igual que en muchos países latinoamericanos, en Guatemala la generación de información y estadística ambiental no está siendo del todo útil para la toma de decisiones. Ello limita la planeación eficiente y eficaz del sector público y del sector privado, lo cual redunda en un aporte limitado al desarrollo del país. Las causas de este problema se atribuyen regularmente a tres elementos clave: i) la producción descoordinada y desintegrada; ii) la desvinculación del productor con el usuario, y iii) la poca credibilidad de las estadísticas oficiales.

En su momento la Estrategia Nacional de Desarrollo Estadístico (ENDE) buscaba subsanar estas limitaciones a través de seis fases de implementación: i) el compromiso; ii) la hoja de ruta; iii) el diagnóstico y la visión; iv) las estrategias; v) los planes de acción, y vi) la implementación. Con el paso del tiempo, se hizo evidente que toda vez desarrollada la parte puramente formal de planificación, la implementación fue la fase más débil, que incluso tiene un impase en la actualidad.

Ante esta situación y las demandas sociales —al menos en el entorno ambiental— por solventar de alguna forma esta dificultad, surge la idea de buscar la coordinación y fortalecer la voluntad política con el afán de incidir en una mejora de los procesos de gestión de información ambiental.

El mecanismo diseñado para el efecto surge desde la academia, donde se gesta una iniciativa de fortalecimiento institucional para implementar un plan de mediano plazo —cuatro años—. El punto de partida de dicha iniciativa es la construcción de una red de actores clave tanto públicos como privados que participan en los procesos de gestión de información ambiental en Guatemala. Esta red debía tener un «operador» o facilitador que incidiera directamente en las instituciones, buscando sinergias y acuerdos tanto formales como informales para fortalecer los procesos existentes e incluso iniciar nuevos. Dicho operador es el Instituto de Agricultura Recursos Naturales y Ambiente (IARNA), quien asume un liderazgo debido a que sus líneas temáticas de investigación son muy compatibles con el tema y por una convicción de aportar elementos prácticos a la construcción de la institucionalidad del país. Las instituciones que inicialmente se abordaron fueron la Secretaría General de Planificación (SEGEPLAN), el Instituto Nacional de Estadística (INE), el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y el Banco de Guatemala (BANGUAT). Adicional a ello se incorpora un actor externo a la institucionalidad del país con el objetivo de generar incidencia política con relación a los esfuerzos que se realizan, denominado Instituto de Incidencia Ambiental (IIA).

La iniciativa se hizo operativa a través de acuerdos de diversos tipos. Por ejemplo con SEGEPLAN se firma un memorándum de entendimiento, con BANGUAT un convenio marco de cooperación y con MARN un convenio de cooperación técnica. Dichos instrumentos permitieron incorporar consultores a las estructuras funcionales de las instituciones que tienen participación en gestión de información ambiental. Dichos consultores se convierten en agentes de incidencia en cada institución, tratando de impulsar procesos específicos bajo dos criterios fundamentales: i) promover la construcción de conocimiento individual a través del ejercicio de aprender haciendo; y,

ii) aprovechar espacios para incidir en el fortalecimiento de las instituciones y de los esquemas de trabajo existentes.

Las alianzas existentes aumentaron su coherencia a través de la construcción de tres instancias estratégico-técnicas. La primera es la constitución de un comité científico internacional que da pautas y recomendaciones sobre el proceso y sus elementos técnicos. La segunda es la creación de comités técnicos por tema —agua, bosque, subsuelo, y otros—, el cual vigila todos los elementos técnicos y revisa productos. La tercera es la puesta en marcha de un Comité interinstitucional de cuentas ambientales. Todo este esquema se resume en que un operador con iniciativa, proactivo y con capacidad técnica busca incidir directamente en las instituciones, abriendo espacios de coordinación, adicionalmente asume la convocatoria inicial tratando de agilizar los procesos.

Los acuerdos formales en todos los casos fueron una derivación de acuerdos informales donde a través de un proceso de incidencia y de convencimiento se logró empezar a trabajar en espacios físicos concesionados para el efecto. Ello permitió abrir canales de comunicación para finalmente formalizar las relaciones. Afortunadamente el proceso se consolidó toda vez que se lograron tener rápidamente algunos resultados parciales tales como la publicación del Anuario de Estadístico Ambiental 2007. Este caso en particular es singular en el sentido que a través de la búsqueda de la construcción de un producto, ciertamente complejo, se buscó organizar a los actores en torno a la Oficina Coordinadora Sectorial de Estadísticas Ambientales (OCSEA), estructura que ya había establecido la ENDE, pero que no había funcionado con anterioridad. La construcción de un producto concreto permitió unificar a los actores, lo que fue el pretexto ideal para consolidar una estructura más rígida dentro de un marco formal previamente establecido, lo cual en cierta forma legítima la normativa.

Otros resultados vinculados a la coordinación permitieron, entre otras cosas, establecer redes de técnicos trabajando en equipo en la solución de problemas concretos, se logró armonizar información dispersa, se identificaron tanto vacíos, como la calidad de la información disponible, y se establecieron grupos de confianza informales con intereses comunes. En las circunstancias actuales, todos estos avances no necesariamente son sostenibles en el tiempo, aunque la experiencia misma de haber logrado ciertos resultados puede orientar las buenas prácticas en el futuro, lo que por sí mismo puede ser considerado un factor de éxito en la iniciativa.

Las lecciones aprendidas de esta experiencia engloban una experiencia de más de tres años en la construcción no solo de un marco metodológico y estadístico, sino en el aporte decidido a la construcción de una institucionalidad más coherente en el ámbito estadístico. Dichas lecciones se pueden sintetizar, entre otros, en cinco aspectos relacionados con: i) la definición de los objetivos, ii) con las capacidades técnicas, iii) con los actores, iv) con los acuerdos formales e informales, y v) con el enfoque general de trabajo.

En cuanto al primer aspecto mencionado, se puede decir que una lección clave fue que no hay una sola forma de cumplir con el objetivo, hay que buscar alternativas innovadoras, que permitan, dentro del marco de la institucionalidad actual, impulsar iniciativas cuyo interés fundamental sea la de aportar a dicha institucionalidad. Ciertamente un objetivo o propósito es alcanzable si se tiene claramente establecido, lo cual permite no salirse del sendero propuesto, cosa que suele suceder en algunos proyectos de cooperación técnica en materia estadística.

En línea con lo anterior, se vuelve relevante un segundo aspecto, que es el de dar valor a las capacidades técnicas locales para conseguir que los resultados obtenidos tengan una proyección de largo plazo y que las personas se empoderen tanto de los procesos, como de los resultados. Cabe señalar en este contexto que se identificó que, en términos generales, la mejor forma de fortalecer

capacidades es aprender haciendo, fortaleciendo la capacidad de indagación y recolección de información sobre temas y procesos en esquemas muchas veces autodidactas, pero funcionales y más pragmáticos.

Un tercer aspecto que recalcar es que es importante ampliar el espectro de participación a los «verdaderos» interesados o actores. La vinculación de servidores públicos con los usuarios de los servicios fortalece los procesos. Se deben involucrar actores estratégicos, que no son necesariamente los más interesados, pero que cumplen una función de conciliación, incidencia y promoción. Ellos regularmente tendrán un interés en participar pues también generan algún beneficio similar en los procesos que impulsan en otras temáticas. Dentro del conjunto de actores, alguien debe asumir el liderazgo. Ello no significa asumir una postura jerárquica de control sino, impulsar iniciativas facilitando procesos altamente participativos.

Los acuerdos formales son importantes en el proceso. Sin embargo, basado en esta experiencia práctica, se pudo establecer que la formalidad de un convenio o memorándum de entendimiento puede venir después de dicha experiencia. El hecho de haber probado la efectividad de cierto instrumento, proceso, plan o programa legitima la construcción de una norma al respecto y brinda la experiencia necesaria para estructura una propuesta más coherente. Esto no quiere decir que no existan acuerdos informales o cuasi formales donde instituciones y otros organismos establezcan ciertas reglas mínimas del juego, pero generar espacios de trabajo pareciera ser una condición inicial y fundamental para este tipo de procesos.

Cruzar enfoques de abajo hacia arriba y de arriba hacia abajo en la construcción de procesos pareciera ser una mejor vía. Se hizo evidente en esta experiencia que las estructuras rígidas y jerárquicas regularmente son un obstáculo para el desarrollo de nuevas iniciativas o incluso para conducir más aceleradamente los procesos existentes. A ello se debe agregar un ingrediente que fue determinante en la experiencia y fue la búsqueda continua de una excusa para trabajar en equipo. La mejor forma de lograr cohesión en los grupos es a través del planteamiento de un problema común y buscar la solución al mismo, tratando de no dispersar las acciones a otros temas.

D. Principales cuadros de resultados e indicadores sectoriales para 2008

Tal como se señaló anteriormente, en este apartado se da especial relevancia a la presentación de los resultados de la cuenta de flujos y de la cuenta de agregados e indicadores complementarios. Inicialmente se presentan los resultados de la oferta y demanda energéticas para 2008. Luego se presentan los resultados relacionados con la emisión de gases de efecto invernadero, provenientes de la combustión de los distintos productos energéticos para el mismo período, que en términos generales se denomina oferta de emisiones. Finalmente se resumen las relaciones energía-economía por medio de un cuadro de los perfiles sectoriales donde se pueden examinar los principales indicadores derivados de las CE.

1. La oferta energética

La economía guatemalteca hace uso de distintos tipos de energía que provienen directamente de la naturaleza, tanto para desarrollar actividades productivas, como para realizar actividades de consumo. En el país se utilizan, de manera generalizada, la energía potencial del agua y la energía térmica generada por la actividad volcánica para la generación de electricidad. Además, en algunas regiones se extrae petróleo crudo y gas natural, los cuales son destinados casi en su totalidad para la exportación. Es decir, son parte de la naturaleza nacional que se destina a procesos de utilización económica por

actividades productivas de otras naciones, aunque, tal como se muestra en el cuadro VI.5.1, la producción petrolera, en términos energéticos, aporta poco a la oferta energética nacional.

El total de energía disponible en Guatemala para 2008 fue de 295.930,7 TJ, siendo la biomasa el principal generador de la misma, a través de procesos de combustión de leña para uso doméstico y de ciertos desperdicios de la agroindustria como el bagazo de la caña para uso industrial, en la generación de electricidad (véase el cuadro VI.5.1). En ese sentido la leña es realmente el motor de la actividad doméstica guatemalteca, pues la misma representa cerca del 90% del rubro mencionado. Cabe señalar que la utilización de energías secundarias importadas (gasolina, diésel, bunker, querosina) representa poco más del 35% de la oferta nacional energética.

2. La demanda energética

La energía puede ser utilizada por los agentes económicos, básicamente de dos maneras: i) las actividades productivas pueden usarla como consumo intermedio; es decir, como parte de los insumos necesarios para accionar las máquinas, vehículos y aparatos utilizados en la producción de otros bienes y servicios o; y ii) el gobierno, los hogares y las instituciones sin fines de lucro pueden utilizar parte de esa misma energía en procesos de consumo final, como la cocción de alimentos o la iluminación artificial, entre muchos otros. Sin embargo, también puede hablarse de otros usos, las exportaciones y la variación de existencias que son formas particulares de las dos maneras mencionadas.

El cuadro VI.5.2 muestra la utilización de los grandes grupos de actividad económica para cada producto energético en el país durante el 2008. En dicho cuadro se aprecia como el consumo final (los hogares, el gobierno y las instituciones sin fines de lucro) es alrededor del 47% de la utilización total y supera ligeramente a la utilización de energía de todas las actividades económicas. Esto se debe, no sólo al extendido y generalizado uso de leña por parte de la población guatemalteca, si no a que los hogares son también importantes consumidores de gasolina, gas licuado de petróleo y electricidad. Finalmente también se observa, que los mayores consumos de todos los productos energéticos se concentran alrededor de las industrias manufactureras, aunque la gasolina y el diésel tienen un fuerte uso, a través de toda la industria, las actividades extractivas, el comercio y los servicios de transporte.

Si se analiza el uso de las 146 actividades económicas individuales que se encuentran al interior de todos estos grupos (en una mayor desagregación que sale del espectro de este ensayo), excluyendo a los hogares, la actividad de generación, captación y distribución de energía eléctrica es, por mucho, el mayor usuario de energía entre todas las actividades económicas (67.945 TJ equivalentes al 27% del uso energético para consumo intermedio en 2008), lo que significa que como sociedad destinamos un gran porcentaje de energía de muchos tipos (carbón, *bunker*, diésel, bagazo, etc.) para producir electricidad.

3. La oferta de emisiones

Derivado de la combustión de diversos productos energéticos, los agentes económicos liberan a la atmósfera gases de efecto invernadero (GEI) como el dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O) y metano (CH_4), entre muchos otros. Por ese motivo, en el proceso de elaboración de las CE, se hace una estimación de los tres gases mencionados, puesto que estos guardan vínculos estrechos con procesos como el calentamiento global y el cambio climático. Estos gases es posible agregarlos de acuerdo con su equivalencia en términos del potencial de calentamiento global del dióxido de carbono sobre un horizonte de 20 años. Así, es posible conocer que la economía guatemalteca contribuyó a la cantidad de gases efecto invernadero de origen humano con un total de 47,8 millones de toneladas equivalentes de

dióxido de carbono durante 2008 (véase el cuadro VI.5.3). Pese a que, en términos generales, eso equivale a menos de una unidad porcentual del total emitido en el mundo, es importante tomar en consideración las fuentes de esas emisiones, dados los acuerdos y negociones que puedan derivarse de iniciativas como el Protocolo de Kioto y que puedan traer beneficios u obligaciones, tanto financieras, como de otra índole en función de cómo se gestiona este tema en el país.

Cuadro VI.5.1
Guatemala: oferta energética, 2008

Actividades económicas	1. Leña*	2. Petróleo*	3. Carbón*	4. Bagazo*	5. Gasolina*	6. Diésel*	7. Bunker*	8. Kerosina*	9. Gas*	10. Ref.*	11. Electric.*	Total de oferta de GEI por actividad económica
Producción												
Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca	235 461,7											
Explotación de minas y canteras		30 033,6										
Industrias manufactureras												
Suministro de electricidad, gas y agua												
Total de la producción												
Importaciones												
Pérdidas												
Total de oferta energética por producto	235 461,7	30 033,6	34 379,4	27 717,1	38 126,9	46 427,9	33 201,1	3 844,5	13 815,8	5 900,2		27 022,6

Fuente: Elaboración propia con base en BANGUAT y URL, IARNA (2011) y BANGUAT y URL, IARNA (2009).
*1. Leña, *2. Petróleo crudo y gas natural, *3. Otros minerales no metálicos n.c.p. (carbón mineral), *4. Desperdicios de la industria de la alimentación y el tabaco (bagazo de caña), *5. Gasolina, *6. Gas oil (diésel), *7. Fuel oil y bunker (combustibles para calderas), *8. Kerosina, *9. Gases de petróleo y otros hidrocarburos gaseosos, *10. Otros productos de la refinación de petróleo n.c.p., *11. Energía eléctrica, gas, vapor y agua caliente.

Cuadro VI.5.2
Guatemala: demanda energética, 2008

Actividades económicas	1. Leña*	2. Petróleo*	3. Carbón*	4. Bagazo*	5. Gasolina*	6. Diésel*	7. Bunker*	8. Kerosina*	9. Gas*	10. Ref.*	11. Electric.*	Total de oferta de GEI por actividad económica
Consumo intermedio												
Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler		0,0			1 061,5	1 367,9		3,1	1,5		501,7	2 935,6
Administración pública			4 954,3		2 008,8					387,8	1 386,4	8 737,2
Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca					888,3	4 208,1					375,9	5 472,3
Asociaciones que sirven a hogares					9,6	18,8					20,3	48,7
Comercio al por mayor y al por menor	593,2				2 099,8	5 121,3			158,5		6 745,5	14 718,4
Construcción			0,9		230,1	1 476,5			0,3	2 627,1	99,8	4 434,7
Enseñanza			0,2		101,9	182,8				0,5	288,4	573,9
Explotación de minas y canteras			72,3		594,9	480,8					235,6	1 383,6
Hoteles y restaurantes	618,3				854,5	3 008,9	998,1		470,0		783,7	6 733,4
Industrias manufactureras	36 206,1	2 248,4	15 413,6		5 904,0	10 201,6	11 545,4		2 796,4	2 309,7	6 012,7	92 637,9
Intermediación financiera					107,2						390,8	498,0
Otras actividades de servicios comunitarias, sociales y personales					153,5	142,3			1,2	0,0	413,9	710,9
Planes de seguridad social obligatorios					26,1					7,1	7,6	40,8
Servicios sociales y de salud				0,4	518,9	603,6			7,2	2,5	671,6	1 804,1
Suministro de electricidad, gas y agua		0,0	13 937,7	27 717,1	106,9	2 847,4	18 966,6	928,6		1 731,6	1 709,5	67 945,4
Transporte, almacenamiento y comunicaciones					2 970,0	16 202,1		2 259,0	0,9	0,3	1 121,6	22 553,9
Total de consumo intermedio	**37 417,6**	**2 248,4**	**34 379,4**	**27 717,1**	**17 636,0**	**45 862,1**	**31 510,0**	**3 190,7**	**3 435,9**	**7 066,5**	**20 765,2**	**231 229,0**
Consumo final	**198 044,0**				**21 207,6**	**1 803,2**		**698,4**	**7 222,6**	**114,2**	**5 983,6**	**235 073,8**
Exportaciones		**27 773,3**									**273,7**	**28 047,0**
Formación bruta de capital	**0,0**	**11,9**	**0,0**	**0,0**	**-716,8**	**-1 237,4**	**1 691,1**	**-44,7**	**3 157,2**	**- 1 280,6**	**0,1**	**1 580,9**
Total de la utilización por producto (suma vertical)	**235 461,7**	**30 033,6**	**34 379,4**	**27 717,1**	**38 126,9**	**46 427,9**	**33 201,1**	**3 844,5**	**13 815,8**	**5 900,2**	**27 022,6**	**495 930,7**

Fuente: Elaboración propia con base en BANGUAT y URL, IARNA (2011) y BANGUAT y URL, IARNA (2009).
*1. Leña, *2. Petróleo crudo y gas natural, *3. Otros minerales no metálicos n.c.p. (carbón mineral), *4. Desperdicios de la industria de la alimentación y el tabaco (bagazo de caña), *5. Gasolina, *6. Gas oil (diésel), *7. Fuel oil y bunker (combustibles para calderas), *8. Kerosina, *9. Gases de petróleo y otros hidrocarburos gaseosos, *10. Otros productos de la refinación de petróleo n.c.p., *11. Energía eléctrica, gas, vapor y agua caliente

Cuadro VI.5.3
Guatemala: oferta de emisiones al aire, 2008

	Producto energético										
Actividades económicas	1. Leña*	2. Petróleo*	3. Carbón*	4. Bagazo*	5. Gasolina*	6. Diésel*	7. Bunker*	8. Kerosina*	9. Gas*	10. Ref.*	Total de oferta de GEI por actividad económica
Producción por las actividades económicas											
Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler		0,0			74 521,4	102 599,4		223,2	95,8		177 439,9
Administración pública					141 031,0					28 774,7	669 618,9
Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca					62 366,6	315 630,3					377 996,8
Asociaciones que sirven a hogares					672,0	1 412,7					2 084,7
Comercio al por mayor y al pormenor	79 989,8				147 419,8	384 129,5			10 061,3		621 600,4
Construcción			90,8		16 129,6	110 746,1			21,7	194 858,9	321 847,0
Enseñanza			23,3		7 153,2	13 713,7				39,8	20 929,9
Explotación de minas y canteras			7 253,6		41 467,2	35 821,1					84 541,8
Hoteles y restaurantes	83 368,5				59 991,2	225 688,3	78 155,9		29 838,8		477 042,6
Industrias manufactureras	4 178 189,1	165 711,0	1 547 228,3		411 520,3	760 036,2	898 255,3		176 738,9	170 231,3	8 307 910,5
Intermediación financiera					7 525,0						7 525,0
Otras actividades de servicios comunitarias, sociales y personales			0,9		10 779,9	10 671,6			77,2	0,1	21 529,7
Planes de seguridad social obligatorios					1 833,0					524,4	2 357,3
Servicios sociales y de salud			42,9		36 426,8	45 271,9			456,6	183,5	82 381,8
Suministro de electricidad, gas y agua		(0,9)	1 399 078,4	2 865 948,6	7 459,5	212 712,4	1 475 636,3	67 142,0		127 623,0	6 155 599,3
Transporte, almacenamiento y comunicaciones					208 513,4	1 215 254,8		164 472,1	54,3	21,4	1 588 315,9
Total de producción por actividades econó0micas	**4 341 547,5**	**165 710,1**	**3 453 531,3**	**2 865 948,6**	**1 234 809,9**	**3 433 688,0**	**2 452 047,5**	**231 837,2**	217 344,5	**522 257,0**	**18 918 721,6**
Producción por los consumidores finales	**26 704 257,4**				**1 488 904,1**	**135 252,5**		**50 846,2**	**458 572,0**	**8 476,2**	**28 846 308,5**
Total de oferta de GEI por producto energético (suma vertical)	**31 045 804,9**	**165 710,1**	**3 453 531,3**	**2 865 948,6**	**2 723 714,0**	**3 568 940,5**	**2 452 047,5**	**282 683,4**	**675 916,6**	**530 733,2**	**47 765 030,1**

Fuente: Elaboración propia con base en BANGUAT y URL, IARNA (2011) y BANGUAT y URL, IARNA (2009).
*1. Leña, *2. Petróleo crudo y gas natural, *3. Otros minerales no metálicos n.c.p. (carbón mineral), *4. Desperdicios de la industria de la alimentación y el tabaco (bagazo de caña), *5. Gasolina, *6. Gas oil (diésel), *7. Fuel oil y bunker (combustibles para calderas), *8. Kerosina, *9. Gases de petróleo y otros hidrocarburos gaseosos, *10. Otros productos de la refinación de petróleo n.c.p., *11. Energía eléctrica, gas, vapor y agua caliente.

Cuadro VI.5.4

Guatemala: perfil de las relaciones energía-economía nacionales a nivel sectorial

		Balance de oferta y demanda de energía (terajoules)		Emisión de gases de efecto invernadero (en toneladas equivalentes de CO_2)				Indicadores de eficiencia	
Agentes o actividades de la economía nacional	Valor agregado bruto (VAB en millones de quetzales de 2008)	Oferta (of)	Utilización (Ut)	CH_4	N_20	CO_2	Total (GEI)	Intensidad energética (Ut/VAB)	Intensidad de emisiones (GEI/VAB)
Actividades económicas									
Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler	41 940,5		2 935,6	1 751,9	452,5	175 235,5	177 439,9	0,1	4
Administración pública	11 180,6		8 737,2	5 292,6	2 749,5	661 576,8	669 618,9	0,8	60
Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca	32 991,1	235 461,7	5 472,3	3 669,4	947,9	373 379,5	377 996,8	0,2	11
Asociaciones que sirven a hogares	297,4		48,7	20,5	5,3	2 058,9	2 084,7	0,2	7
Comercio al por mayor y al pormenor	53 970,1		14718,4	18 069,8	2 083,6	601 446,9	621 600,4	0,3	12
Construcción	15 134,6		4434,7	3 121,0	695,0	318 031,0	321 847,0	0,3	21
Enseñanza	8 696,3		573,9	205,6	53,2	20 671,2	20 929,9	0,1	2
Explotación de minas y canteras	5 370,7	30 033,6	1 383,6	248,0	233,7	84 060,2	84 541,8	0,3	16
Hoteles y restaurantes	7 600,2		6 733,4	17 024,3	1 685,5	458 332,9	477 042,6	0,9	63
Industrias manufactureras	54 628,8	30 818,6	92 637,9	88 693,1	58 140,5	8 161 076,9	8 307 910,5	1,7	152
Intermediación financiera	1 129,0		498,0	77,2	19,9	7 427,8	7 525,0	0,4	7
Otras actividades de servicios comunitarias, sociales y personales	2 142,6		710,9	213,4	55,1	21 261,2	21 529,7	0,3	10
Planes de seguridad social obligatorios	333,2		40,8	23,9	6,2	2 327,3	2 357,3	0,1	7
Servicios sociales y de salud	11 272,2		1 804,1	812,8	209,7	81 359,3	82 381,8	0,2	7
Suministro de electricidad, gas y agua	6 667,6	28 281,1	67 945,7	68 774,9	45 422,3	6 041 402,1	6 155 599,3	10,2	923
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	22 229,9		22 553,9	15 431,0	3 986,3	1 568 898,7	1 588 315,9	1,0	71
Total de las actividades económicas	**275 584,7**	**324 595,0**	**231 229,0**	**223 429,3**	**116 746,1**	**18 578 546,2**	**18 918 721,6**	**0,8**	**69**
Hogares y administración gubernamental			**235 073,8**	**4 297 504,2**	**250 229,7**	**24 298 574,6**	**28 846 308,5**		
Exportaciones			**28 047,0**						
Formación bruta de capital			**1 580,9**						
Importaciones		**175 712,7**							
Pérdidas		**-4 377,0**							
Total general	**275 584,7**	**-**		**4 520 933,5**	**366 975,7**	**42 877 120,9**	**47 765 030,1**		

Fuente: Elaboración propia con base en BANGUAT y URL, IARNA (2011) y BANGUAT y URL, IARNA (2009).

Como se puede apreciar los hogares son grandes emisores de GEI. Esto se debe mayoritariamente al alto contenido carbónico de la leña y su uso generalizado por parte de la población guatemalteca, aunque también sean fuertes emisores por la combustión de gasolina. No obstante, es interesante notar que las emisiones de la actividad de generación de energía eléctrica contribuyen con más de un tercio del total de la oferta de emisiones de las actividades económicas. Esta situación es congruente con lo mencionado anteriormente con respecto al uso generalizado de combustibles fósiles en esa actividad. En este punto cabe mencionar que los inventarios nacionales de GEI propuestos por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático reportan, pero no toman en cuenta las emisiones provenientes de la biomasa (como la leña y el bagazo) por razones metodológicas. La inclusión o no de estas emisiones puede acarrear obligaciones específicas dentro del contexto del Protocolo de Kioto u otros convenios en el futuro.

4. Síntesis de las relaciones energía-economía a nivel sectorial

La integración de la información económica, energética y de emisiones en un cuadro híbrido de indicadores a nivel sectorial, permite tener en un solo marco información relevante para el seguimiento del desempeño sectorial (véase el cuadro VI.5.4). En este caso se puede apreciar que la oferta energética se concentra en unas cuantas actividades económicas, de las cuales la principal resulta ser la de Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca, principalmente por el aporte de biomasa en la matriz energética nacional. En cuanto a la utilización, es evidente la gran concentración en el consumo final de los hogares, la administración central y las instituciones sin fines de lucro a lo cual se agrega la importante participación en la demanda de las industrias manufactureras.

En cuanto a las emisiones, el cuadro 4 muestra que las industrias manufactureras juegan un papel importante en la generación de gases de efecto invernadero y constituyen la principal fuente de contaminación de las actividades económicas. Los indicadores de intensidad energética son especialmente altos en el suministro de electricidad, gas y agua, lo cual da un indicador de la eficiencia del sector, el cual junto con las actividades manufactureras, muestran los niveles de intensidad en el uso de energía y producción de emisiones más grande de la economía.

E. Evaluando eficiencias sectoriales: hacia la desmaterialización de la economía

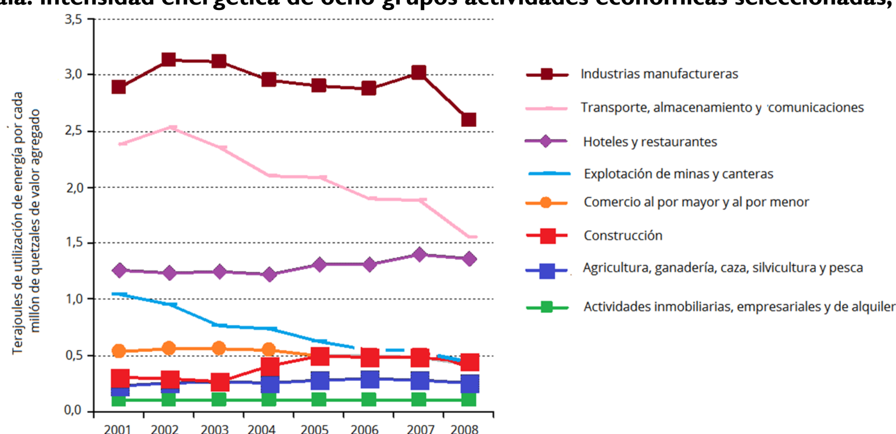
Las teorías de «desmaterialización» defienden que con el desarrollo las naciones necesitan relativamente menos recursos y energía. En efecto varios estudios muestran que los países con niveles de desarrollo altos (medidos regularmente por nivel de ingreso e índices de desarrollo humano), tienden a la desmaterialización o bien a lo que se ha denominado desacoplamiento energético de la economía. El desacoplamiento se produce cuando el crecimiento económico es superior al crecimiento del consumo energético y equivale a un descenso de la intensidad. La intensidad en el uso de energía se define como el cociente entre la cantidad de energía utilizada y el valor que una actividad económica específica agrega a la riqueza del país en términos monetarios, durante un período determinado. Se interpreta como la cantidad de energía necesaria para producir una unidad de Valor Agregado. De igual forma la intensidad en la emisión de gases de efecto invernadero estará definida por la relación producción de emisiones y valor agregado. En ese contexto, para evaluar la desmaterialización de la economía se proponen en las CE tres indicadores clave: i) intensidad energética; ii) intensidad GEI, y iii) desacoplamiento.

1. Intensidad energética

En el gráfico VI.5.1 se presenta la intensidad energética de algunas actividades seleccionadas. En ella se muestra que las industrias manufactureras son el principal usuario, aunque es importante resaltar que la intensidad en el uso ha mejorado en el período 2001–2008, reduciéndose en casi 0,5 terajoules por cada millón de valor agregado. Esta tendencia positiva se hace más evidente en el transporte, almacenamiento y comunicaciones y en la explotación de minas y canteras. Por el contrario las actividades de hoteles y restaurantes parecen estar deteriorando su indicador de intensidad, aunque no se ven saltos bruscos y ha permanecido en el rango de 1 a 1,5 terajoules por cada unidad de valor agregado.

Gráfico VI.5.1

Guatemala: intensidad energética de ocho grupos actividades económicas seleccionadas, 2001-2008



Fuente: Elaboración propia con base en BANGUAT y URL, IARNA (2011) y BANGUAT y URL, IARNA (2009).

2. Intensidad GEI

La intensidad en la generación de gases de efecto invernadero ha tenido una evolución similar a la de la intensidad energética. Destaca el hecho, no obstante, de que el rango de la producción de emisiones de las actividades manufactureras es sustancialmente más alto que el de las otras actividades, casi duplicando la del transporte, almacenamiento y comunicaciones.

3. Desacoplamiento

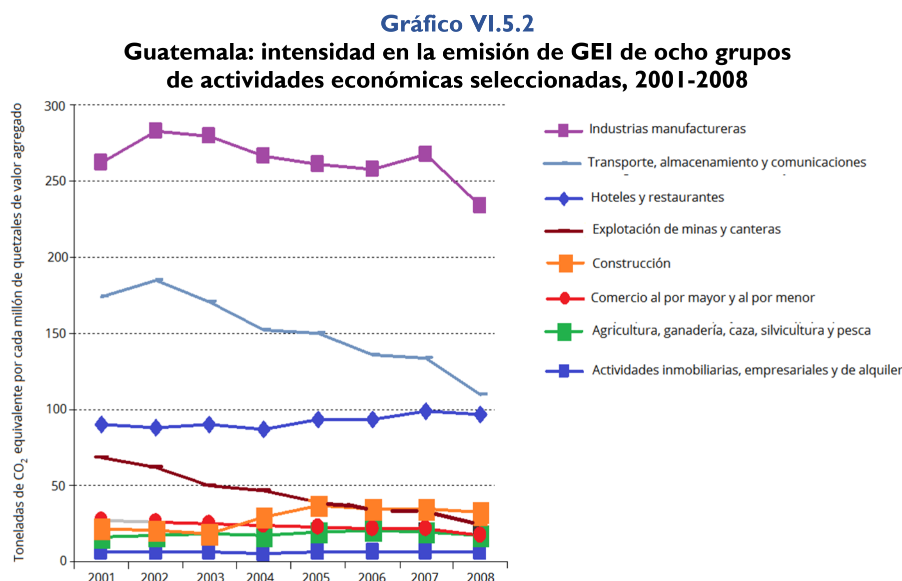
El gráfico VI.5.2 evidencia que la economía guatemalteca ha sufrido cambios en el período 2001–2008 que no necesariamente muestran un desacoplamiento. Este podrá darse en el momento que se presente una clara tendencia a una apertura de la brecha entre crecimiento económico y uso de energía. En el caso de las emisiones parece ser que existe una mayor tendencia a dicho desacoplamiento

F. Conclusión: esfuerzos locales con potencial aplicación en la región

El presente ensayo involucraba un doble propósito que orienta el estudio de un caso específico para describir el potencial de aplicación en otros contextos de país. El primero de ellos en la línea de examinar los arreglos institucionales que permitieron desarrollar las CE en Guatemala y derivar lecciones aprendidas que puedan ser útiles para otros países de la región centroamericana y de países pequeños con similares características institucionales. En ese sentido se establecieron claramente las lecciones aprendidas y se identificaron los espacios de acción que podrían conducir a una aplicación similar en otros países centroamericanos, lo cual a la larga permitiría el seguimiento regional del desempeño energético desde una perspectiva económica-ambiental, muy congruente con las acciones de corto y mediano plazo que se están desarrollando en el contexto de los problemas derivados de los cambios en el clima y la vulnerabilidad de estas naciones.

Gráfico VI.5.2

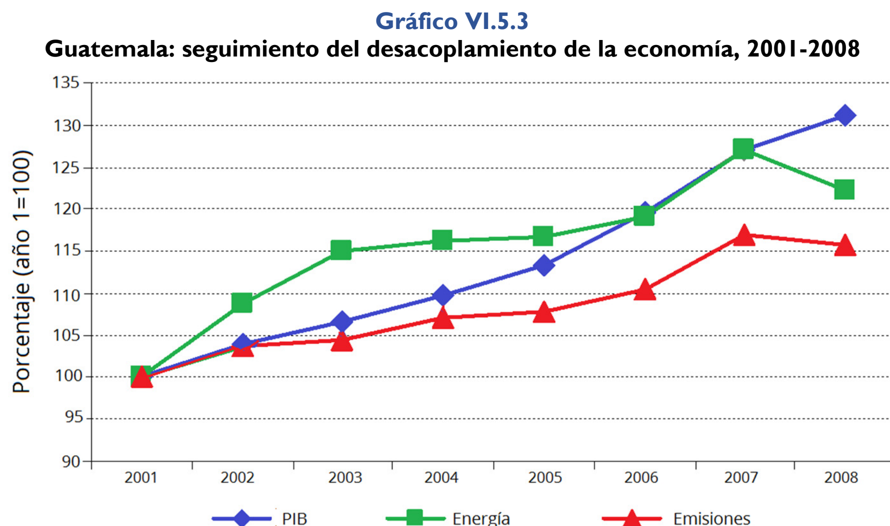
Guatemala: intensidad en la emisión de GEI de ocho grupos de actividades económicas seleccionadas, 2001-2008



Fuente: Elaboración propia con base en BANGUAT y URL, IARNA (2011) y BANGUAT y URL, IARNA (2009).

Gráfico VI.5.3

Guatemala: seguimiento del desacoplamiento de la economía, 2001-2008



Fuente: Elaboración propia con base en BANGUAT y URL, IARNA (2011) y BANGUAT y URL, IARNA (2009).

El segundo propósito del ensayo buscaba presentar los aspectos técnicos que definen las CE, los métodos aplicados, los mecanismos de compilación, los principales indicadores y su potencial para monitorear eficiencias sectoriales en el uso de energía y la producción de emisiones. Es evidente que desde el punto de vista metodológico y práctico, el esfuerzo de construcción de este tipo de cuentas es muy grande. Sin embargo el ejercicio desarrollado en Guatemala permite establecer que existen posibilidades reales de aplicación y uso en países con similares características, tal como los países vecinos de la región centroamericana.

Finalmente queda la conclusión de que un esfuerzo local de este tipo debe ser apreciado y estudiado con mayor profundidad en el futuro para identificar puntos de encuentro con iniciativas similares en los países centroamericanos y latinoamericanos.

G. Bibliografía

AMM (Administrador del Mercado mayorista) (2008), «Informe estadístico mercado mayorista de electricidad de Guatemala», Guatemala: autor.

BANGUAT (Banco de Guatemala) (2007), *Sistema de cuentas nacionales 1993, Año base 2001, Aspectos metodológicos. Tomo I,* Guatemala: autor.

_______ /IARNA-URL (Banco de Guatemala e Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar) (2011), *Compendio de cuadros estadísticos para las Cuentas de Energía*, trabajo en progreso, Guatemala.

_______ (2009), *Compendio de cuadros estadísticos del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica Integrada de Guatemala (SCAEI), período 2001–2006,* Guatemala: autor.

_______ IARNA-URL (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar). (2008). *Elementos esenciales para la compilación del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica Integrada de Guatemala.* Guatemala: autor.

_______ (2009), *Perfil ambiental de Guatemala. Las señales ambientales y su relación con el desarrollo.* Guatemala: autor

INE (Instituto Nacional de Estadística) (2007), «Encuesta nacional de condiciones de vida (ENCOVI) 2006». Guatemala: autor.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change Secretariat) (2006), «2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories», prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme (H. Eggleston, L. Buendía, K. Miwa, T. Ngara, & K. Tanabe, Edits.), Hayama, Kanagawa, Japan: Institute for Global Environmental Strategies (IGES), on behalf of Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

_______ (2004), «16 years of scientific assessment in aupport of the climate convention», Geneva, Switzerland: author; World Meteorological Organization.

Ortúzar, M. (2001), «El concepto de cuentas satélite y la generación de normas y orientaciones por los organismos internacionales», *Taller internacional de cuentas nacionales de salud y género*, Santiago de Chile, OPS/OMS-FONASA.

Statistics New Zealand (2003), *Energy flow account 1996-1999*, Auckland: Statistics, New Zealand.

UN/EC/IMF/OECD/WB (United Nations/European Commission/International Monetary Fund/Organisation for Economic Cooperation and Development/World Bank) (2003). *Handbook of national accounting: Integrated environmental and economic accounting*. New York: authors.

_______ (1993), *Handbook of national accounting: System of National Accounts*, New York: authors.

Artículo VI.6
Importancia de la Banca Central en el tema energético-ambiental

Víctor Araujo *
Consultor (Guatemala)

A. Introducción

La misión del Banco Central de Guatemala es *promover la estabilidad en el nivel general de precios.* Para cumplir con este objetivo la institución hace uso de diversos recursos, instrumentos y herramientas entre los que destaca la información estadística.

El principal instrumento de medición del crecimiento económico en Guatemala es el Sistema de Contabilidad Nacional (SCN), el cual se encuentra a cargo del Banco Central a diferencia de otros países en donde la función recae en el organismo dedicado con exclusividad al tema estadístico. Sin embargo, en abril de 2007 las autoridades del Banco de Guatemala pusieron a la disposición de los agentes económicos nacionales y la comunidad internacional el compendio de los cuadros estadísticos obtenidos en el proceso de implementación del Sistema de Cuentas Nacionales 1993 (SCN93), los que incluyen el cambio del año base de las cuentas nacionales a 2001, como resultado del esfuerzo institucional realizado a lo largo de varios años, para ampliar y modernizar las estadísticas económicas del país, de acuerdo con mejores prácticas internacionales.

Marcelo Ortúzar Ruiz, experto de la CEPAL, destaca: «la nueva versión SCN93 fue el resultado de un esfuerzo internacional donde se movilizaron, como nunca antes, un extenso grupo de expertos en las diferentes materias. Un esfuerzo interinstitucional, en el cual participaron las Naciones Unidas, el Banco Mundial, la OECD, EUROSTAT y el FMI».

En Guatemala, para recopilar la información requerida por el sistema, se creó el Programa Nacional de Mejoramiento de las Estadísticas Económicas (PRONAME), el cual tuvo a su cargo la generación de una base estadística económica y financiera, acorde a los requerimientos técnicos y metodológicos del SCN93. Cabe recordar que el Sistema de cuentas nacionales registra y describe en forma sistemática, los fenómenos esenciales de la vida económica del país. Las transacciones y los flujos registrados por el sistema refieren a la producción, la distribución del ingreso, el consumo, el ahorro, la inversión, el financiamiento, las relaciones con el exterior y la situación patrimonial de los agentes económicos.

Asimismo, la modernización del Sistema de Cuentas Nacionales como resultado de los esfuerzos del Banco Central y el Programa de Mejoramiento de las Estadísticas Económicas antes mencionado, aunado con la firma de un convenio marco con el Instituto Nacional de Estadísticas INE, crearon un ambiente propicio para la conformación de una cuenta satélite ambiental, en virtud de las limitaciones existentes para abordar el desarrollo sostenible del sistema económico en el marco principal del SCN.

Las cuentas satélites como instrumentos de medición económica que utilizan como base los principios metodológicos de las cuentas nacionales, apuntan a la necesidad de ampliar la capacidad analítica de la contabilidad nacional a determinadas áreas de interés particular de una manera flexible y sin afectar o distorsionar el sistema central. Con la implementación del sistema satélite ambiental,

se pretende medir y ajustar el Producto Interno Bruto a los impactos y las interrelaciones entre la economía y el ambiente.

En el pasado se consideraba que el capital físico, constituido por los bienes producidos por el hombre, era el principal componente de la riqueza de un país; hoy, no obstante, de acuerdo con los estudios del Banco Mundial, se sabe que el capital natural y particularmente el capital humano, son más importantes, llegando a constituir en determinados casos, el principal porcentaje de la riqueza de un país. Desde ese punto de vista, habría que sustraer a la producción nacional, además del consumo y la depreciación de los activos físicos, el agotamiento de sus recursos naturales.

En Guatemala, el Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (IARNA) de la Universidad Rafael Landívar (URL), ha sido el promotor de un proceso de fortalecimiento de la estadística ambiental, el cual se consolida con la generación del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica Integrada (SCAEI), con el respaldo institucional de la URL a través del IARNA y la participación oficial del Banco central de Guatemala (BANGUAT), además de diversas instituciones gubernamentales. El financiamiento más significativo para la iniciativa fue otorgado por la Embajada del Reino de los Países Bajos. El SCAEI es considerado el sistema satélite de las estadísticas ambientales y, por lo tanto, funcionando en el marco de los estándares internacionales relativos al Sistema de Cuentas Nacionales SCN 1993.

Por su parte, en el Estudio sobre indicadores de políticas públicas en materia de Eficiencia Energética en América Latina y El Caribe (Luiz Horta), hace ver la importancia de estimar de forma más consistente y comparable los impactos energéticos, económicos y ambientales de los programas y actividades para las partes interesadas y orientar la planificación de los programas y actividades de fomento de la eficiencia energética y reconoce las limitaciones en cuanto a la disponibilidad de datos e informaciones de base, a partir de los fundamentos de la eficiencia energética, presenta y discute indicadores en eficiencia energética con distintos niveles de agregación y detalle.

Es un hecho que la capacidad de obtener y generar información que cumpla con ciertos principios básicos de calidad y confiabilidad es una premisa para llevar adelante cualquier programa que persiga establecer indicadores y los procesos de monitoreo y control correspondientes al desempeño energético de la economía en general y de la eficiencia energética en particular.

De esa cuenta y para el caso específico del tema energético ambiental, considerando que en las cuentas nacionales, se lleva cuenta y razón de los flujos económicos, incluyendo aquellos que se suscitan en toda la cadena energética desde la producción hasta el consumo y particularmente el uso de la energía por los sectores productivos y los hogares, así como los intercambios con el exterior; en el presente trabajo se pretende despertar el interés del analista, explorando en un primer nivel las posibilidades de información obtenidas tanto en el marco central del sistema de cuentas nacionales, como fuera del mismo, en la cuenta satélite ambiental antes mencionada para el caso de Guatemala.

Para el efecto, usando los cuadros estadísticos del Sistema de Cuentas Nacionales SCN93, se realizan ejercicios por el lado de las actividades económicas, en particular sobre la actividad «suministro de electricidad y agua», que a su nivel más agregado, incorpora el suministro de electricidad, gas, vapor y agua caliente y captación, así como la depuración y distribución de agua; y por el lado de los productos del catálogo de las cuentas nacionales se explora el consumo de los productos energéticos, tales como el horno de coque, productos derivados del petróleo y electricidad

y agua, utilizando las tablas de la producción, el consumo intermedio y valor agregado de las actividades económicas y gasto de los hogares, las tablas oferta-utilización de los cuadros estadísticos, para establecer en un primer nivel como ya se dijo, tendencias y comportamientos estructurales en la oferta y en el uso de los insumos energéticos en la economía desde la perspectiva monetaria.

Se revisan las importaciones considerando que se trata de un país importador de derivados del petróleo y los flujos de comercio exterior, en donde se dispone de información de los equipamientos y aparatos consumidores de energía y los principales socios comerciales, habida cuenta que también se trata de un país principalmente importador de estos activos. De igual forma, se explora la cuenta de Energía del SCAEI, que incorpora flujos físicos en las actividades económicas desde la perspectiva ambiental, considerando la estrecha relación existente entre la eficiencia energética y el tema ambiental.

En estos ensayos se presenta la información básica del sistema energético con el propósito de estimular estudios más profundos, que puedan sacar máximo provecho de los sistemas y herramientas, que ya están funcionando bajo un marco conceptual y metodológico uniforme de carácter internacional, como lo son las Cuentas Nacionales, en beneficio del desarrollo del uso racional y eficiente de la Energía y en la formulación de políticas públicas que permitan lograr un desarrollo sostenible y equilibrado entre el crecimiento económico compatible con las funciones ambientales en el largo plazo. Pues aunque parezca raro, el autor ha podido comprobar durante su permanencia como funcionario en la Dirección General de Energía de Guatemala, el escaso uso que el órgano rector en materia de formulación de políticas energéticas hace de estas herramientas.

B. Perfil energético: hallazgos y desarrollo. Comportamiento de la economía en general

No obstante, la problemática a nivel mundial, la economía de Guatemala ha venido creciendo a tasas positivas en los últimos años (véase el cuadro VI.6.1).

Cuadro VI.6.1
Tasa de variación interanual del PIB
(A precios constantes de 2001)

	2005	2006	2007	2008	2009
PIB	3,3	5,4	6,3	3,3	0,5

Fuente: Elaboración propia.

En forma individual, las actividades y sectores para los cuales la energía tiene relativa importancia han mostrado un crecimiento interanual positivo, en términos reales, con algunas excepciones.

Las actividades industriales, el consumo final en los hogares y especialmente *el transporte, almacenamiento y telecomunicaciones*, ha sido por mucho, la actividad de mayor dinamismo en la economía guatemalteca, impulsada por el impresionante crecimiento de las *telecomunicaciones* particularmente la telefonía celular (véase el cuadro VI.6.2).

1. Participación de las actividades económicas en el producto interno bruto

En 2009, destacaron por su participación relativa en el Producto Interno Bruto las actividades del sector primario como la *agricultura* (cultivos de productos tradicionales y no tradicionales), las actividades

industriales, entre las que sobresale por su tamaño la actividad de *alimentos, bebidas y tabaco* (7,7% del PIB); el sector de *comercio y servicios* y la actividad que agrupa el *transporte, almacenamiento y las telecomunicaciones.*

Cuadro VI.6.2

Dinámica de crecimiento de algunas de las actividades y sectores económicos

(A precios constantes de 2001)

Rubro	2005	2006	2007	2008	2009
PIB	3,3	5,4	6,3	3,3	0,5
Agricultura, ganadería, silvicultura, pesca	2,1	1,3	5,9	0,9	3,8
Suministro de electricidad y agua	2,7	3	6,3	1,6	0,7
Minas y canteras	-3,2	17,6	13,9	-4,3	4,2
Alimentos, bebidas y tabaco	2,9	2,9	3,7	3	1,8
Caucho, plástico y otros minerales no metálicos (cemento)	6,2	5,3	7,5	-1,8	-4,6
Hoteles y restaurantes	3,1	3,7	4,1	5	1,6
Transporte, almacenamiento, telecomunicaciones	11,3	18,6	22,8	14,6	2,5
Gasto de consumo de los hogares	4,3	4,7	5,4	4,3	0,3
Textiles y prendas de vestir, cuero y calzado	2,4	2,7	0,2	-0,2	-9,2
Comercio al por mayor y menor	3,2	3,9	4,1	2	-2,1
Gastos en consumo del Gobierno Central	1,7	5,7	8,3	11,3	14,3

Fuente: Elaboración propia.

El *sector público* también ocupa un lugar importante en la economía (7,2%) y el *suministro de electricidad y agua*, que aportando el 2,6% al Producto Interno Bruto, tiene la característica de ser utilizada por prácticamente todas las actividades económicas y demás agentes económicos del país por lo que tiene una importancia fundamental como se explica más adelante (véase el gráfico VI.6.1).

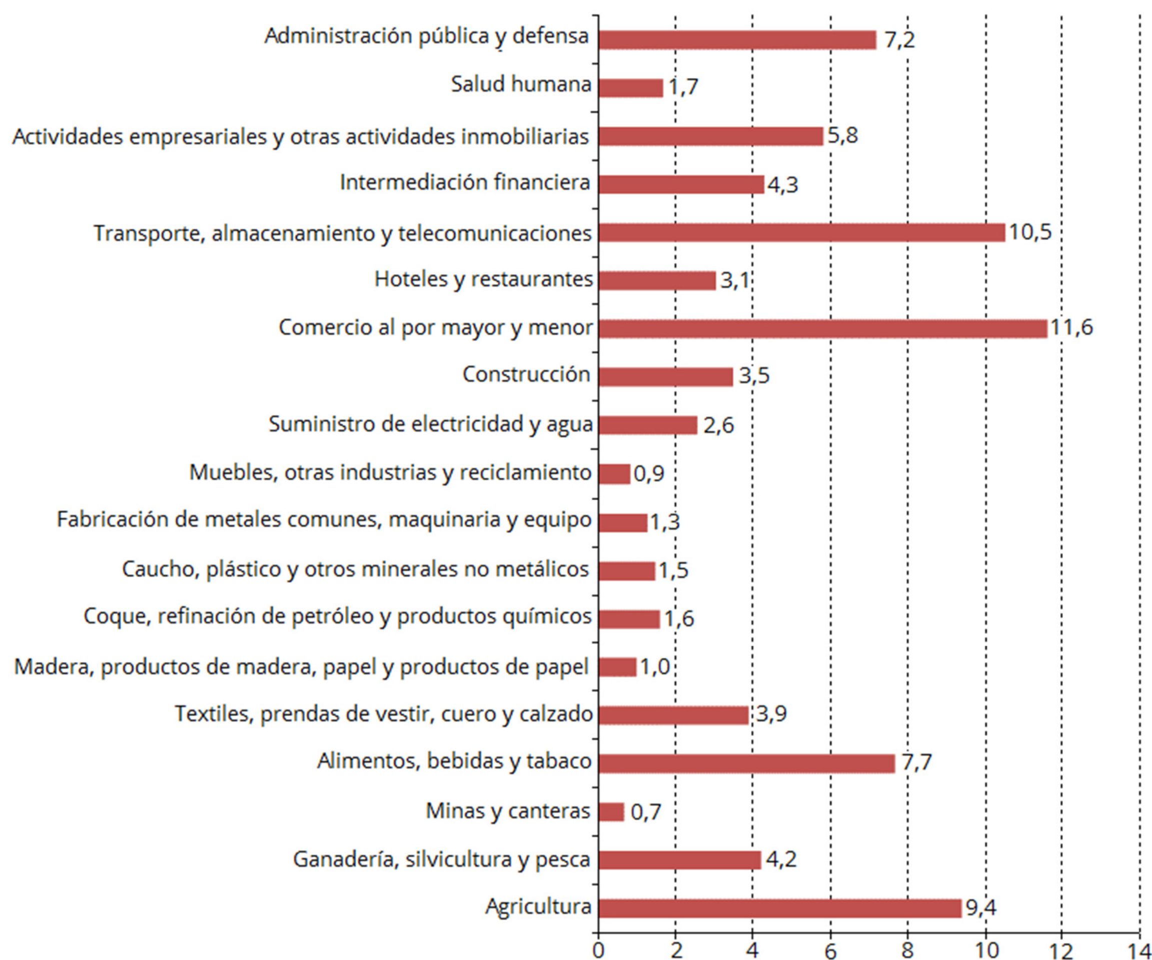
Producción de energía: La energía es un insumo interesante desde el punto de vista económico, considerando que la utilizan todos los agentes económicos del país (actividades económicas y hogares); por lo tanto, el comportamiento de sus precios, oferta y demanda, tiene efectos de encadenamiento en toda la economía. De igual forma, desde el punto de vista ambiental, la combustión de productos energéticos tiene efectos ambientales y la eficiencia energética es la intervención de menor costo de abatimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Oferta de electricidad: Por el lado de la oferta de electricidad, Guatemala cuenta con capacidad instalada desde la generación hasta la distribución para atender la demanda local y un excedente que se utiliza para la exportación (1,6% en 2009).

Oferta de hidrocarburos: El grueso del monto de los derivados del petróleo usados para el consumo interno son importados (en 2009 las importaciones representaron el 80,5% del monto de la oferta total disponible en el país, incluyendo impuestos). De acuerdo con las cuentas de comercio exterior, los hidrocarburos proceden de diversos países especialmente de los Estados Unidos (el 51,3% de acuerdo con las cifras correspondientes al tercer trimestre de 2010).

Importancia del suministro de electricidad: La actividad económica «suministro de electricidad y agua», aparece con una participación de importancia relativa en la economía guatemalteca en 2009, de 2,6% del Producto, categoría que incluye la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica y la captación y suministro de agua como se mencionó anteriormente.

Gráfico VI.6.1
Participación de las actividades económica en el PIB
(año 2009, a precios constantes de 2001)



Fuente: Elaboración propia.

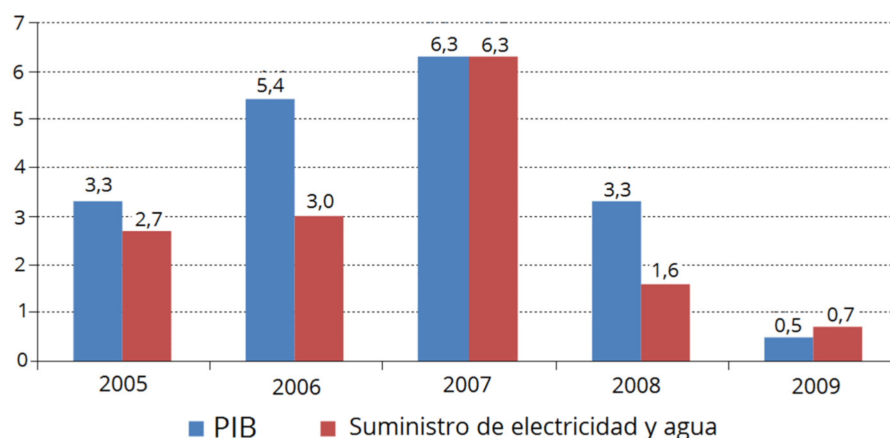
Cuadro VI.6.3
Composición porcentual de la oferta de energéticos, 2009

Producto	Producción bruta	Importaciones	Impuestos	Subsidios	Márgenes de comercio y transporte	Oferta total
Productos de horno de coque, productos de petróleo refinado, combustibles nucleares	0,71	80,5	11,8	0,0	7,0	100,0
Electricidad y agua	78,9	0,0	2,7	-3,9	22,2	100,0

Fuente: Elaboración propia.

El valor agregado de esta actividad, en forma similar al PIB del total de la economía, ha mantenido una dinámica de crecimiento positivo, pese a la crisis económica global, sin bien la tasa de crecimiento se ha desacelerado en los últimos años por las mismas razones; observándose un grado de correlación y acoplamiento entre ambas variables en el período analizado.

Gráfico VI.6.2
Dinámica del crecimiento porcentual interanual de la actividad suministro de electricidad y agua y el PIB
(A precios constantes de 2001)



Fuente: Elaboración propia.

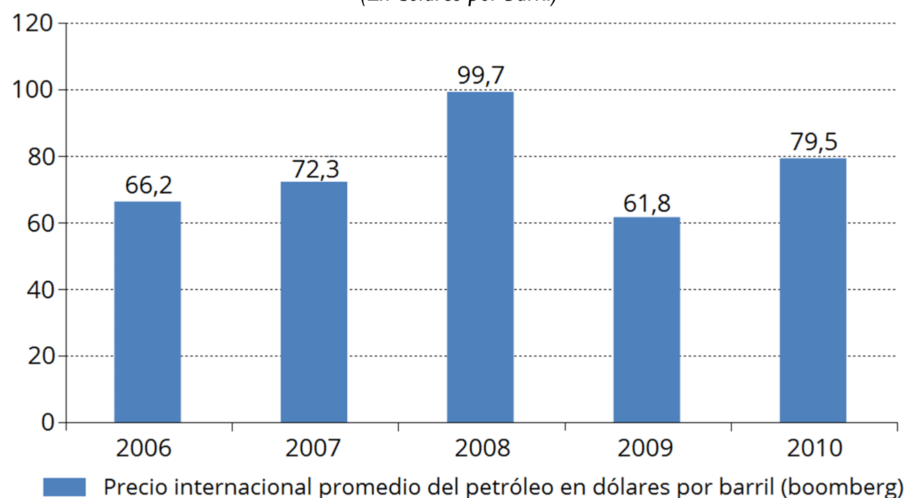
El «suministro de energía eléctrica y agua», es una actividad que se ha caracterizado por su alto valor agregado en relación al valor de su producción total, sin embargo, en el período observado (2005–2009), la participación porcentual del valor agregado ha venido disminuyendo (cediendo espacio a su consumo intermedio).

Cuadro VI.6.4
Composición porcentual de la producción, el consumo intermedio y el valor agregado de la actividad suministro de electricidad y agua por año, 2005–2009
(En porcentajes)

	2005	2006	2007	2008	2009
Producción total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Consumo intermedio	36,1	40,1	41,0	41,2	45,9
Valor agregado	63,9	59,9	59,0	58,8	54,1

Este mismo lapso de tiempo (2005–2009), se caracterizó por incrementos en los precios internacionales del petróleo, alcanzando en 2008 la cifra promedio record de 99,7 dólares por barril (véase el gráfico VI.6.3).

Gráfico VI.6.3
Precio internacional promedio del petróleo
(En dólares por barril)



Fuente: Elaboración propia

Composición de la matriz energética de generación eléctrica: esta se integra con una mezcla de tecnologías: plantas generadoras: hidroeléctricas (36,1%), derivados del petróleo (37,9%), cogeneradores (13,3%), geotérmicas (3,5%), importaciones (0,5%) y carboeléctricas (8,7%) al 2009[9]. Se observa en la composición de la matriz que el petróleo aún aparece como un componente de importancia relativamente alta, lo cual ha contribuido a que la participación del coque y derivados de petróleo alcanzara la cifra del 55,6% del consumo intermedio de esta actividad en 2009. Esto hace que la actividad se constituya en la más energo-intensiva en el uso de hidrocarburos de todas las actividades económicas del país, muy por encima del 15,1% que corresponde a la actividad Minas y Canteras y caucho y minerales no metálicos (fabricación de cemento) con el 18,1% que le siguen en intensidad.

Intensidad de utilización de energéticos por las actividades económicas y los hogares: Todas las actividades económicas y los hogares utilizan energía para funcionar, algunas más que otras, de acuerdo con la naturaleza de su producción y funciones. Como ya se ha mencionado con anterioridad, utilizando los cuadros estadísticos de las cuentas nacionales, encontramos información relativa al empleo de los energéticos tanto para el consumo de las actividades económicas (consumo intermedio), como para el consumo de los hogares (consumo final) desde la perspectiva económica.

El clasificador de productos de las cuentas nacionales incluye dos productos de naturaleza energética, a los cuales se les puede hacer un seguimiento: i*) horno de Coque y productos de petróleo refinado, y ii) Electricidad (y agua)*. A continuación, se presentan algunas de las actividades más intensivas en cuanto a la utilización de estos productos, presentando los resultados en forma porcentual, más que en valores absolutos, para facilitar el análisis comparativo.

Uso de coque y productos derivados de petróleo: Las actividades más intensivas, en términos porcentuales monetarios, en el uso de estos combustibles con respecto al *valor agregado* por actividad por año en el período observado de 2005 a 2009, se muestran en el cuadro siguiente:

Cuadro VI.6.5
Relación del consumo de productos de horno de coque y productos de petróleo refinado con respecto al valor agregado de la actividad y en los hogares sobre su gasto total
(En porcentajes, a precios constantes de 2001)

Actividad	2005	2006	2007	2008	2009
Minas y canteras	9,1	8,7	8,9	8,8	8,2
Alimentos, bebidas y tabaco	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Productos de caucho y plástico; otros minerales no metálicos (cemento)	18,1	19,1	19,5	18,5	18,3
Metales comunes, productos de metal, maquinaria y equipo	6,0	5,7	6,0	6,1	6,1
Suministro de electricidad y captación de agua	19,1	27,9	32,5	35,0	47,1
Hoteles y restaurantes	7,1	7,3	7,3	7,3	7,1
Transporte, almacenamiento, comunicaciones	10,8	9,5	8,9	7,6	7,3
Hogares	2,3	2,5	2,5	2,6	2,1

Fuente: Elaboración propia.

En tanto la participación porcentual del coque y productos derivados de petróleo, *en el consumo intermedio* por actividad fue la siguiente:

Cuadro VI.6.6
Participación del consumo de productos de horno de coque y productos de petróleo refinado en el consumo intermedio de la actividad y en los hogares sobre su gasto total
(En porcentajes a precios constantes de 2001)

Actividad	2005	2006	2007	2008	2009
Cultivos tradicionales	6,8	6,8	6,2	6,2	6,1
Cultivos no tradicionales	7,1	7,1	7,1	7,1	6,6
Minas y canteras	16,3	15,4	15,6	15,8	15,1
Productos de caucho y plástico; otros minerales no metálicos	11,4	12,1	12,4	11,5	11,3
Suministro de electricidad y captación de agua	33,8	41,6	46,8	50,0	55,6
Transporte, almacenamiento, comunicaciones	18,3	16,8	16,2	14,2	13,6
Otras actividades de servicio	8,9	9,0	9,0	9,0	9,0
Administración pública y defensa	7,7	8,0	5,4	7,0	5,6
Hogares	2,3	2,5	2,5	2,6	2,1

Fuente: Elaboración propia.

«El suministro de electricidad y agua» es la actividad económica más intensiva en el uso del coque y derivados de petróleo para funcionar, tanto por su participación en el consumo intermedio como con respecto a su valor agregado. Como era de esperarse, otras actividades importantes son las minas y canteras, el transporte y el cemento.

El incremento de la participación porcentual del uso del coque y derivados de petróleo, en el consumo intermedio de la actividad económica «suministro de electricidad y agua», de 2005 a 2009, coincide con el incremento en los precios internacionales del petróleo, en tanto la composición de la matriz de generación eléctrica se ha mantenido relativamente sin cambios en el período de tiempo analizado. Pero el objetivo de este trabajo no es establecer si este factor de precios explica tal comportamiento.

Sobre la base del consumo intermedio, incluso la agricultura de productos tradicionales y no tradicionales aparece como actividades para las cuales, los derivados del petróleo constituyen un insumo relativamente importante (6,1% y 6,6%). Esto se debe a que la agricultura tiene un bajo consumo intermedio (y un alto valor agregado), de manera que, para un determinado consumo energético empleado en su actividad productiva, el peso relativo de participación sobre la base del consumo es mayor.

Las actividades más intensivas en el uso de estos combustibles en el análisis monetario son comparables con aquellas clasificadas internacionalmente desde la base de los flujos físicos de energía, en función de sus características tecnológicas de funcionamiento. Así, por ejemplo, la ***producción de cemento*** *(una actividad típica energo intensiva de acuerdo con la literatura técnica)*, aparece también en el análisis económico, como una actividad de alta intensidad energética: 11,3% sobre del consumo intermedio y 18,3% sobre el valor agregado en 2009.

La disminución de la participación relativa de los derivados del petróleo en la actividad «transporte, almacenamiento y telecomunicaciones», podría explicarse por el importante crecimiento de las telecomunicaciones, especialmente de la telefonía celular, haciendo por mucho que esta se constituya en la actividad de mayor crecimiento de la economía guatemalteca, hasta del 22,8% anual en términos reales en 2007, como se mencionó anteriormente. El incremento en el peso relativo de las telecomunicaciones, una actividad no intensiva en el uso de energía ha provocado una reducción en el peso relativo del transporte, una actividad típica energo-intensiva por naturaleza.

Importancia en el sector industrial: en el sector industrial nacional, desde la perspectiva energética, destaca la actividad «alimentos, bebidas y tabaco», que teniendo un consumo relativamente menor, aunque importante, de derivados de petróleo (6,5% sobre su valor agregado en 2009), es una actividad económicamente muy grande (7,7% del PIB en 2009), por lo que en dicho año, esta actividad absorbió el 10% del monto total de derivados de petróleo y el 17,2% de la utilización total de electricidad y agua en el país como se podrá observar más adelante. Además de su tamaño, la diversidad de industrias que la conforman: panaderías, molinos, fabricantes de aguas gaseosas, licores, cerveza, etc.; cuentan con características tecnológicas propias de una actividad industrial, que requieren diversos tipos de energía: mecánica, térmica y eléctrica para su funcionamiento.

En forma similar, en el caso de los **hogares**, el consumo de coque y derivados del petróleo ha tenido una participación relativamente menor en su gasto total (2,1% en 2009), fluctuando del 2,1% al 2,6% en el período observado; no obstante, por su importante tamaño en la economía y sus requerimientos funcionales (cocción, transporte, etc.), en 2009 los hogares absorbieron el 22,1% del monto total de estos combustibles utilizados en el país, como se podrá observar en más adelante.

Utilización de electricidad y agua por las actividades económicas y los hogares: Las actividades más intensivas, en términos monetarios, en el uso de este insumo en relación con el *valor agregado* por actividad por año, en el período de 2005 a 2009, fueron las siguientes:

Cuadro VI.6.7
Relación porcentual del consumo de electricidad y agua con respecto al valor agregado de la actividad y en los hogares sobre su gasto total
(En porcentajes a precios constantes de 2001)

Actividad	2005	2006	2007	2008	2009
Minas y canteras	4,8	5,0	5,1	5,1	4,8
Alimentos, bebidas y tabaco	8,9	9,0	9,0	9,0	8,7
Textiles y prendas de vestir, cuero y calzado	5,8	4,5	4,5	4,2	4,5
Madera y productos de madera, excepto muebles y papel y producción de papel	5,4	5,9	5,3	4,9	5,1
Productos de caucho y plástico; otros minerales no metálicos (cemento)	6,0	6,5	6,2	6,3	6,3
Suministro de electricidad y captación de agua	6,6	7,0	6,4	4,9	5,4
Comercio al por mayor y menor	6,8	6,6	6,8	6,8	6,8
Administración pública y defensa	4,1	4,5	4,7	4,9	6,2
Hogares	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0

Fuente: Elaboración propia.

En tanto la participación en el *consumo intermedio por actividad,* fue el siguiente:

Cuadro VI.6.8
Participación porcentual del consumo de electricidad y agua en el consumo intermedio de la actividad y en los hogares sobre su gasto total
(En porcentajes a precios constantes de 2001)

Actividad	2005	2006	2007	2008	2009
Minas y canteras	8,6	8,8	9,0	9,1	8,9
Alimentos, bebidas y Tabaco	5,2	5,2	5,2	5,2	5,1
Textiles y prendas de vestir, cuero y calzado	4,0	3,2	3,4	3,6	3,7
Suministro de electricidad y captación de agua	11,6	10,5	9,3	7,0	6,3
Comercio al por mayor y menor	14,3	14,1	14,5	14,4	14,4
Enseñanza de mercado	8,9	8,9	8,9	8,3	8,8
Actividades relacionadas con la salud humana	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9
Otras actividades de servicio	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4
Administración pública y defensa	10,9	11,1	10,1	10,1	12,0
Hogares	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0

Fuente: Elaboración propia.

La electricidad es relativamente importante para las actividades antes identificadas, entre las que destacan el comercio y la administración pública, caucho, plástico y minerales no metálicos (cemento) y la industria de alimentos, bebidas y tabaco.

De nuevo en este caso, la producción de *alimentos, bebidas y tabaco,* por su importante participación en el PIB y la naturaleza industrial de sus funciones, contribuyó a que dicha actividad absorbiera el 17,2% de la utilización total de electricidad y agua en 2009 para satisfacer sus requerimientos de iluminación, refrigeración, aires acondicionados, motores, bombas, entre otros. Nótese también que la producción de esta industria (alimentos), es de uso común en la economía y su comportamiento y desempeño tiene efectos en diversos sectores, especialmente en los hogares.

En forma similar, en los **hogares**, el consumo de electricidad y agua en relación a su gasto total es relativamente menor en promedio, apenas el 1% del total de su gasto, aunque por su importante tamaño en la economía y sus requerimientos de iluminación, refrigeración, aire acondicionado, etc. provocaron que en 2009 los hogares absorbieran el 22,1% del monto total utilizado en el país, como se podrá observar a continuación.

2. Utilización de la oferta total de energéticos disponible en el país, 2009

En 2009, el monto de la oferta disponible en el país en millones de quetzales para su utilización por los agentes económicos se puede observar en el cuadro VI.6.9.

Cuadro VI.6.9
Composición de la oferta de energéticos, 2009
(En millones de quetzales)

Producto	Producción bruta	Importaciones	Impuestos	Subsidios	Márgenes de comercio y transporte	Oferta total
Productos de horno de coque, productos de petróleo refinado, combustibles nucleares	157,4	17 848,0	2 610,0		1 559,3	22 174,7
Electricidad y agua	9 355,5	4,6	322,9	-458,2	2 630,9	11 855,8

La oferta fue utilizada por los agentes económicos, siendo la utilización de energía por parte de las actividades económicas, en función de su tamaño, medido por su participación en el PIB y de la menor o mayor intensidad en su uso, acorde con sus características tecnológicas para operar. De esa cuenta la oferta fue utilizada por los agentes económicos en términos porcentuales en 2009 (véase el gráfico VI.6.4).

El perfil elaborado en términos económicos es comparable con el perfil físico de la demanda, que se elabora a partir del ***balance energético***, instrumento que registra los flujos físicos que se suscitan en el sistema energético nacional en terajoules, barriles equivalentes de petróleo u otra medida de energía física equivalente.

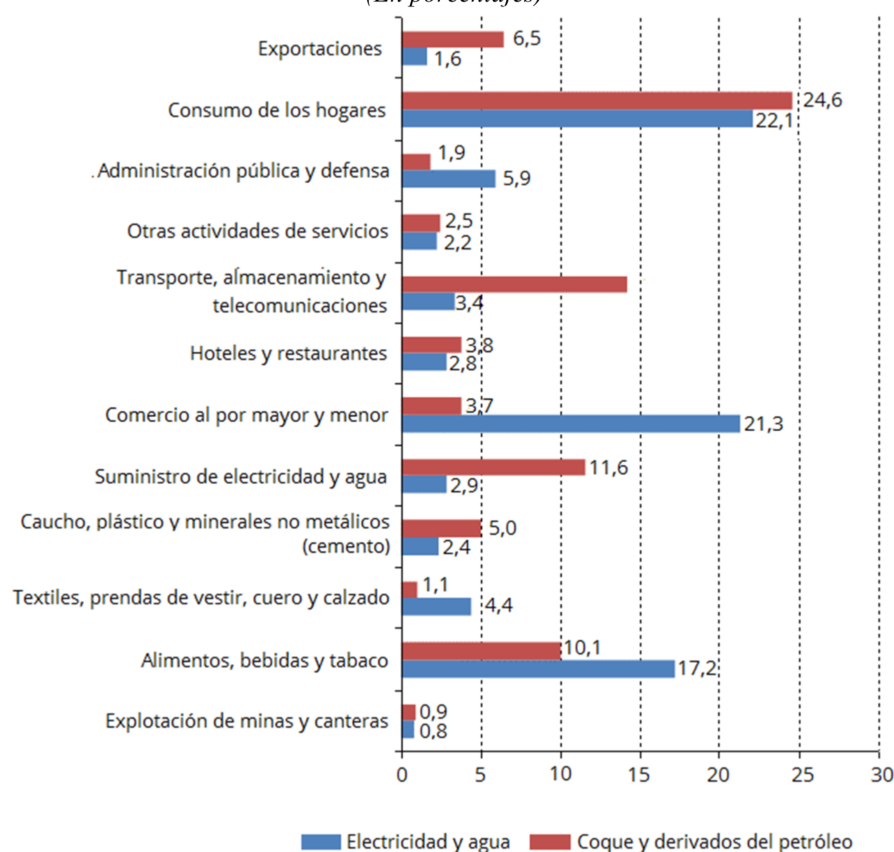
La diferencia existente entre ambos perfiles se explicaría por la inclusión de la leña en el balance energético, tratándose de un insumo que en buena medida se transa informalmente fuera de mercado, especialmente en las áreas rurales y que en consecuencia no se contabiliza en las cuentas nacionales.

Al respecto, es necesario continuar con los estudios sobre la leña tanto por el lado de la oferta como del consumo, considerando su importancia como fuente de energía primaria reflejada en el balance energético y en el tema ambiental y social del país. Su combustión es una fuente importante de contaminación y tiene impactos en la salud de las familias que la utilizan especialmente para cocción de alimentos. Además, es un energético que se usa de una forma muy ineficiente, por lo cual ha sido objeto de programas de eficiencia energética como las estufas mejoradas y procesos de sustitución con otras fuentes como los derivados del petróleo, especialmente el gas licuado de petróleo de amplio uso en el país.

Gráfico VI.6.4

Perfil anual de la utilización de energéticos disponible por actividad económica y hogares, 2009

(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con las estadísticas del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica Integrada (SCAEI) de Guatemala, cuenta satélite ambiental mencionada al inicio de este trabajo, el total de la utilización física de energía en 2006 se distribuyó de la siguiente forma:

Los energéticos analizados en la Cuenta de Energía del SCAEI y cuya sumatoria está expresada en la unidad de medida uniforme (terajoules), para establecer el consumo total de energía por año, han sido los siguientes:

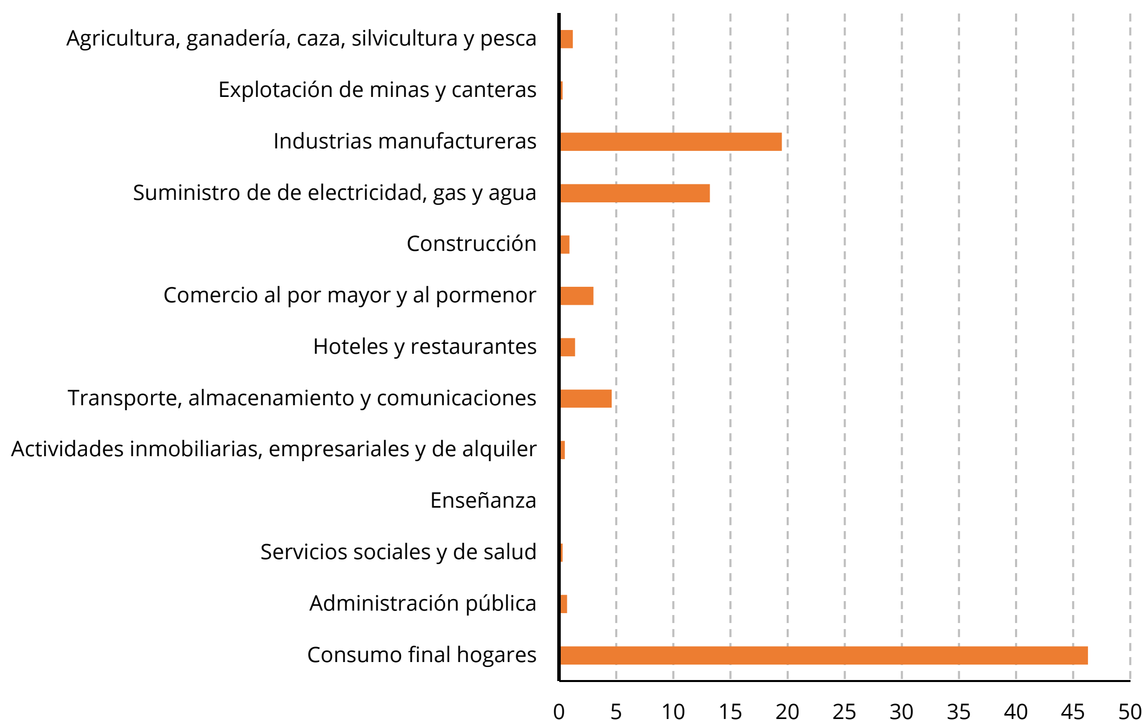
Leña	Petróleo[1]	Carbón[2]	Bagazo[3]	Gasolina	Diésel[4]	Bunker[5]	Kerosina	Gas[6]	Otros[7]	Electricidad[8]

[1/] Petróleo crudo y gas natural, [2/] Otros minerales no metálicos no contemplados previamente, [3/] Desperdicios de la industria de la alimentación y el tabaco, [4/] *gas oil* (diésel) [5/] *Fuel oil y bunker* (para calderas), [6/] Gases de petróleo y otros gaseosos, [7/] Otros productos de la refinación de petróleo no contemplados previamente, [8/] Energía eléctrica, gas, vapor y agua caliente.

Gráfico VI.6.5

Guatemala: utilización física de energía (incluyendo leña) por actividad económica y en los hogares como porcentaje de la utilización total de energía física, 2006

(En terajules)



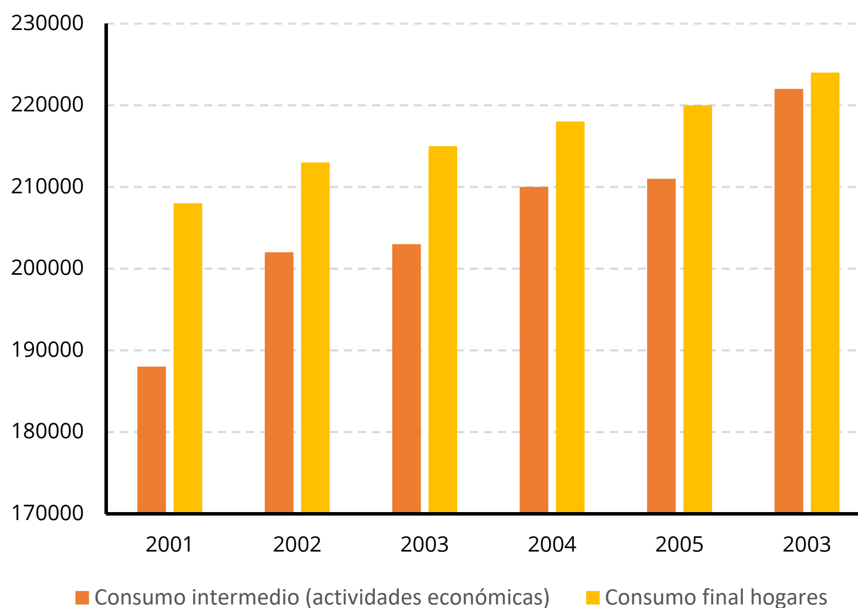
Fuente: Compendio de cuadros estadísticos del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica Integrada (SCAEI, 2001–2006) de Guatemala Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente Universidad Rafael Landívar (2009).

Comportamiento histórico de las actividades energo-intensivas: Por su parte, las actividades energo-intensivas antes mencionadas han mostrado un crecimiento económico positivo en términos reales en el corto período observado (2005–2009). La tasa positiva de crecimiento de las actividades hace prever en el análisis prospectivo de la demanda energética, que los requerimientos de energía, continuarán aumentando a futuro en función del PIB. Si bien lo que se pretende con los programas de eficiencia energética, es lograr que se produzca un desacoplamiento entre la tasa de crecimiento energético y la tasa de la producción económica y en consecuencia la intensidad energética se reduzca; es decir, obtener la misma cantidad de producción con menor cantidad de energía.

La dinámica de crecimiento en la demanda física de energía de acuerdo con las estadísticas del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica Integrada (SCAEI) de Guatemala, en el período 2001–2006, se muestra en el gráfico VI.6.6.

En el compendio de los cuadros estadísticos del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica Integrada (SCAEI) de Guatemala, cuenta satélite ambiental mencionada al inicio de este trabajo, se publica el ajuste ambiental al Producto Interno Bruto (véase el cuadro VI.6.10).

Gráfico VI.6.6
Comportamiento histórico del consumo físico de energía
(En terajoules)



Fuente: Compendio de cuadros estadísticos del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica Integrada de Guatemala (SCAEI, 2001–2006), Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente Universidad Rafael Landívar (2009).

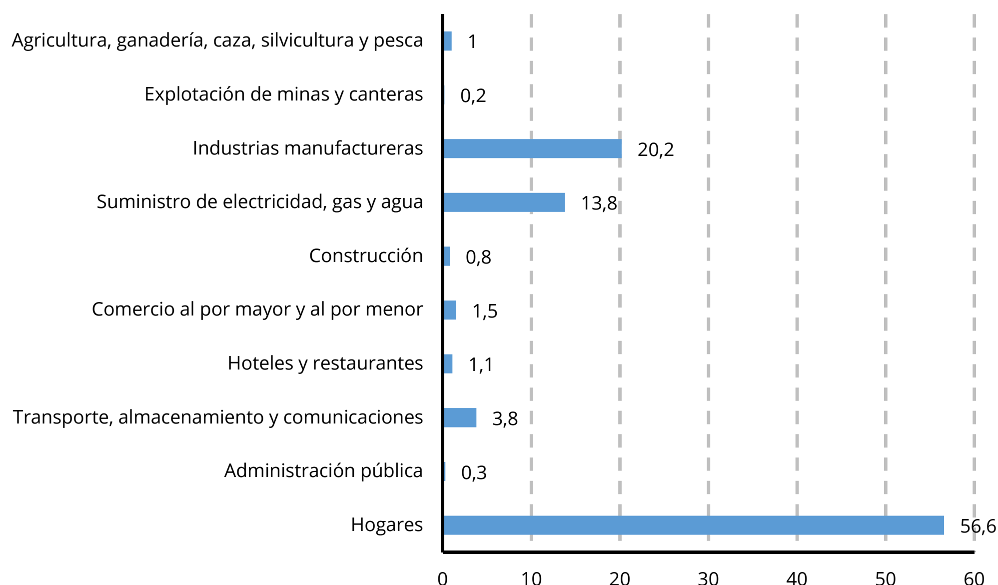
Contaminación ambiental por combustión de energéticos: Las actividades económicas más contaminantes por emisiones de CO_2, producto de la combustión de productos energéticos en 2006, de acuerdo con los datos del SCAEI, fueron las siguientes (véase el cuadro VI.6.10).

Cuadro VI.6.10
Agregados económicos ajustados ambientalmente, 2001–2006

Saldo contable	Siglas	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Producto Interno Bruto	PIB	100	100	100	100	100	100
Depreciación del Capital Producido1/	DCP	4,6	4,5	4,6	4,5	4,3	4,5
Producto Interno Neto	PIN=PIB-DCP	95,4	95,5	95,4	95,5	95,7	95,5
Depreciación del Activo Forestal	DAF	0,8	0,9	0,9	0,9	1	0,9
Depreciación de los Activos del Subsuelo	DAS	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6
Producto Interno Bruto Ajustado ambientalmente	PIBA=PIB-DAF-DAS	98,6	98,5	98,6	98,7	98,5	98,5
Producto Interno Neto Ajustado ambientalmente	PINA=PIN-DAF-DAS	94	94,1	94	94,2	94,3	94

Fuente: Compendio de cuadros estadísticos del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica Integrada (SCAEI, 2001-2006) de Guatemala. Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente Universidad Rafael Landívar (2009).

Gráfico VI.6.7
Emisiones de CO_2 por combustión de energéticos en actividades económicas y hogares, 2006
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia.

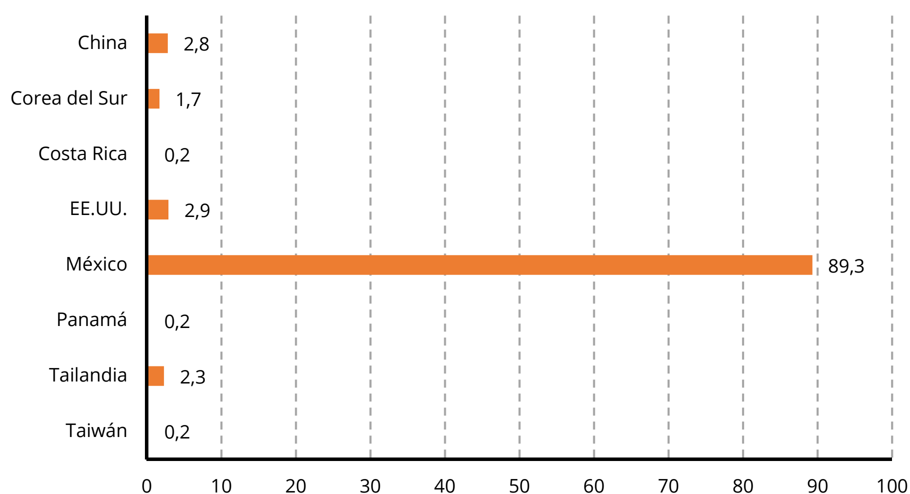
Los hogares en donde se incluye la leña para cocción, especialmente en las áreas rurales, habría sido el sector económico más contaminante por emisiones de CO_2 generadas a partir de la combustión de energéticos en el período en mención.

Importaciones de Maquinarias, Equipos y aparatos consumidores de Energía y Socios comerciales: En las estadísticas de comercio exterior publicadas por el banco central, se encuentra información relativa a las importaciones y país de origen de los equipos y aparatos consumidores de energía que aporta a la panificación y desarrollo de los programas de eficiencia energética. Por ejemplo, para estimaciones de consumo y seguimiento del parque de aparatos, maquinarias y equipos consumidores en un país en donde la mayoría de estos equipamientos son importados. La información referente a los socios comerciales por país vendedor o de origen, es útil en el diseño de los programas de financiamiento, ayudas a fondo perdido, normas y etiquetado en eficiencia energética.

El programa de etiquetado pretende que, al suministrar información exacta, pertinente y comparable sobre el consumo de energía en la etiqueta, se pueda orientar la elección del público en favor de los aparatos que consuman menos energía. Establecer el país de origen de las importaciones es importante en el proceso de establecer las capacidades requeridas para la implementación de un programa de etiquetado: Marco legal, normalización y reglamentación técnica, organismos de certificación y laboratorios de pruebas, acreditación, metrología, inspección, redes regionales de organismos acreditados, proceso de reconocimiento mutuo de normas técnicas y reglamentos que permita un flujo comercial de productos con calidad certificada.

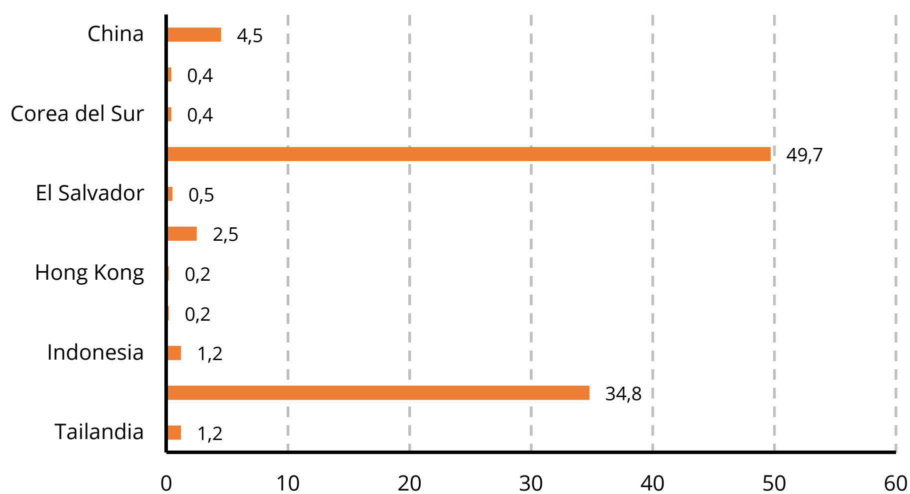
C. Principales socios comerciales (2008)

Gráfico VI.6.8
Países seleccionados: importaciones de combinaciones de refrigerador-congelador por país de origen, 2008
(En porcentajes)



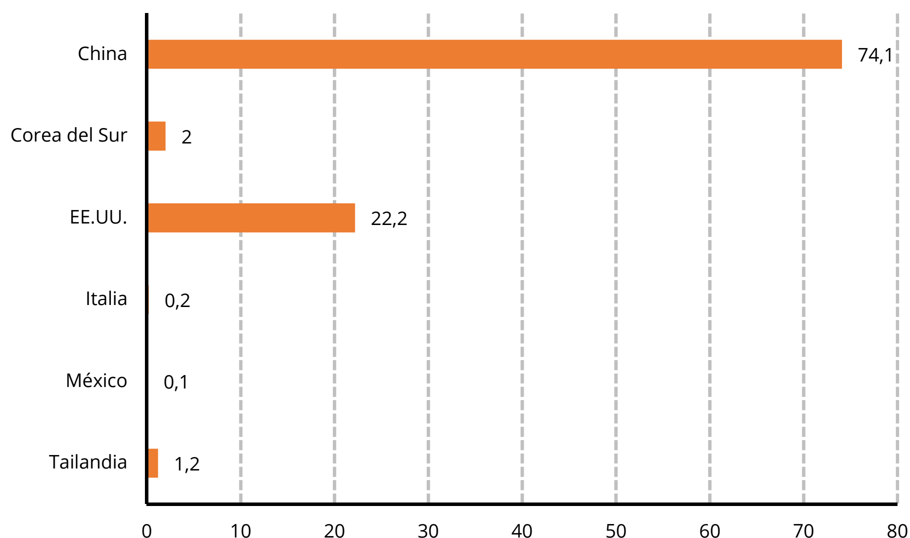
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico VI.6.9
Países seleccionados: importaciones de refrigeradores domésticos por país de origen, 2008
(En porcentajes)



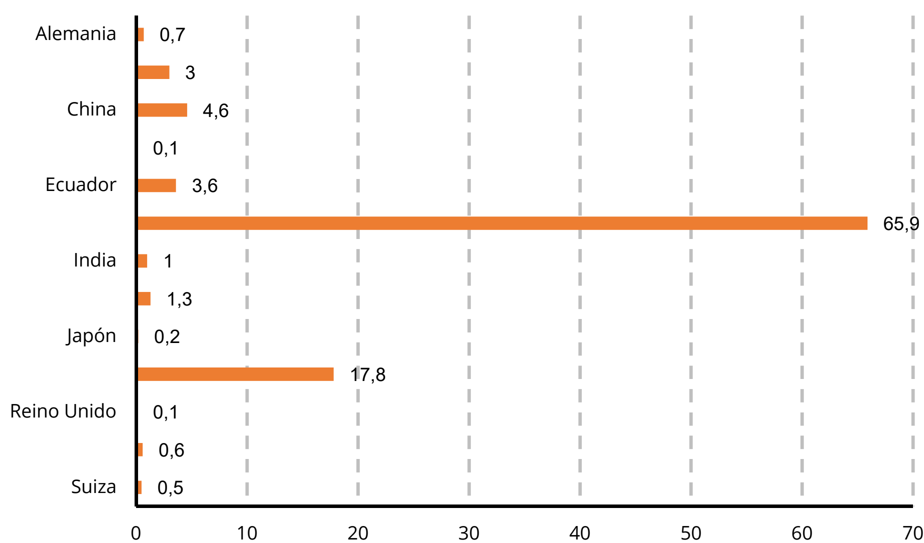
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico VI.6.10
Países seleccionados: importaciones de aparatos de aire acondicionado de pared *split system* por país de origen, 2008
(En porcentajes)



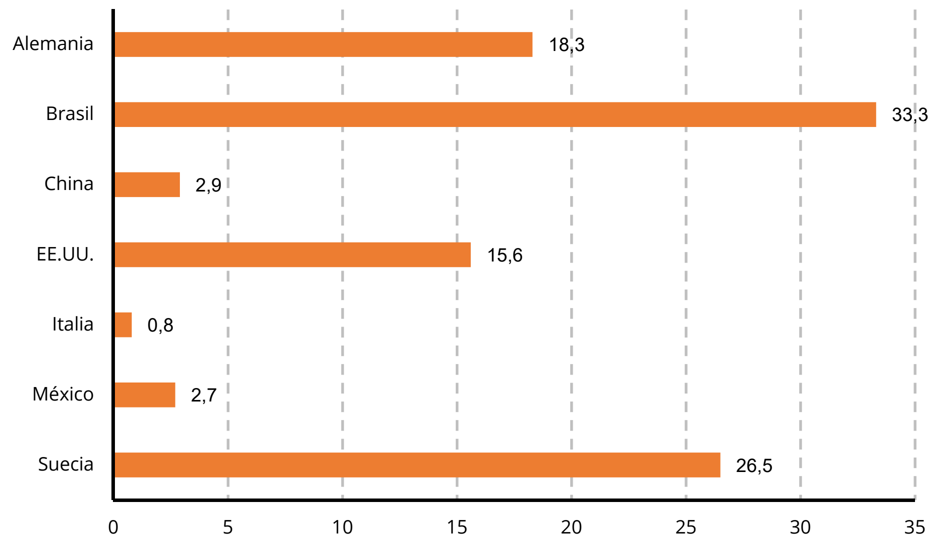
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico VI.6.11
Países seleccionados: importaciones de motores de corriente alterna monofásicos por país de origen, 2008
(En porcentajes)



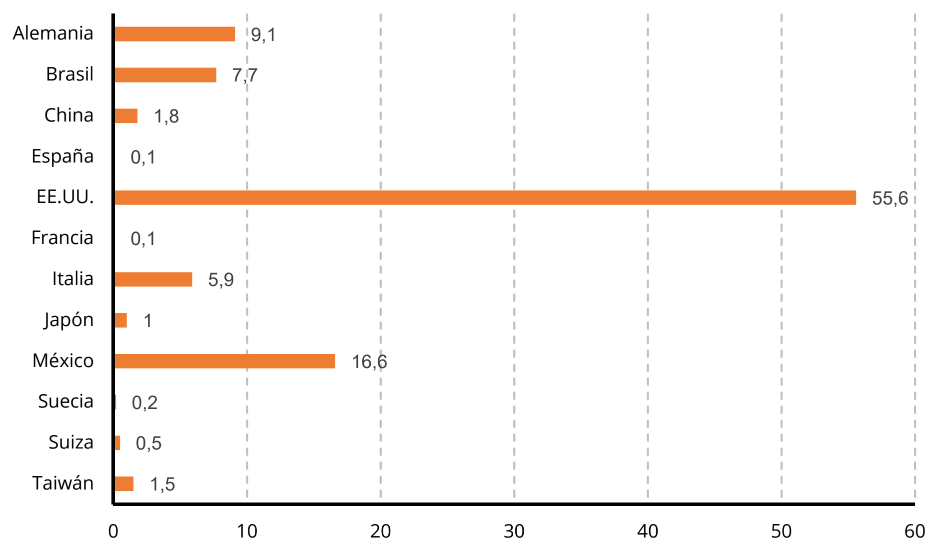
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico VI.6.12
Países seleccionados: importaciones de motores de corriente alterna polifásicos de potencia mayor a 75 kw por país de origen, 2008
(En porcentajes)



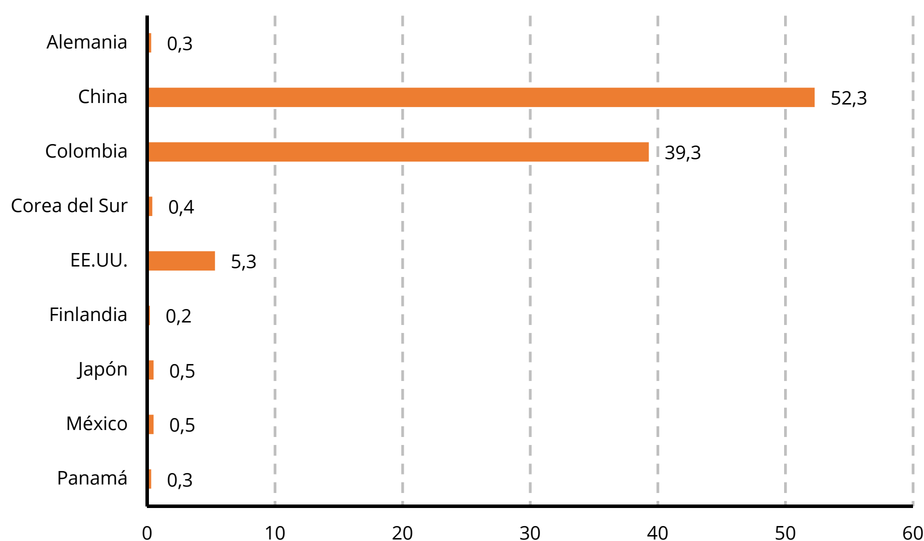
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico VI.6.13
Países seleccionados: importaciones de motores de corriente alterna polifásicos, potencia entre 0,75 kw y 75 kw por país de origen, 2008
(En porcentajes)



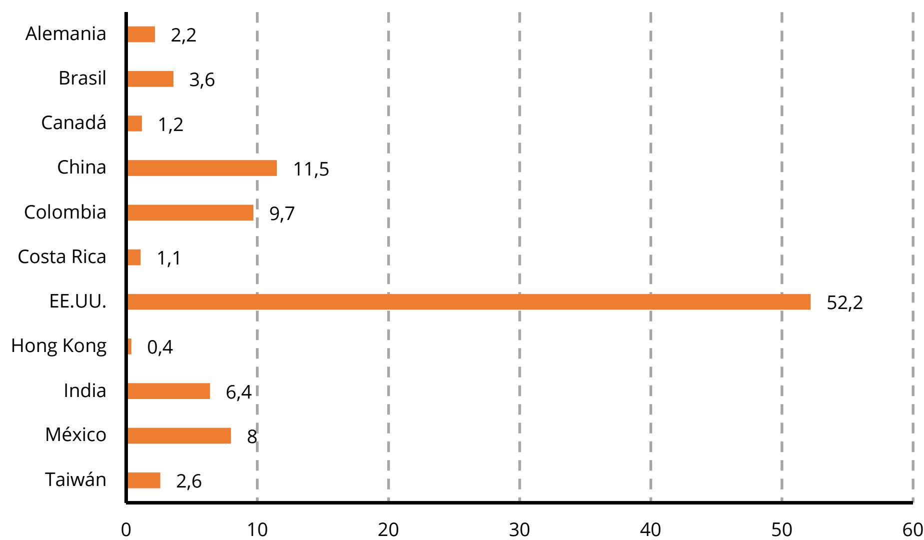
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico VI.6.14
Países seleccionados: importaciones de bombillas incandescentes por país de origen, 2008
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico VI.6.15
Países seleccionados: importaciones de tubos rectos fluorescentes por país de origen, 2008
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia.

D. Conclusiones

En este artículo se ha presentado un perfil de la energía como actividad económica y como producto en la economía de Guatemala en los últimos años; explorando el uso de los energéticos tanto en el consumo intermedio de las actividades económicas como en el gasto de los hogares; utilizando para el efecto como base la información contenida en los cuadros estadísticos del sistema de cuentas nacionales SCN 93; un sistema que en Guatemala funciona en la organización del Banco Central, bajo los principios, la metodología y los estándares internacionales del SCN 93, un sistema de uso común y uniforme en el mundo. También se ha incluido información seleccionada de la cuenta de energía del sistema satélite de las cuentas ambientales del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica Integrada (SCAEI), implementado en Guatemala por el Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente con el respaldo institucional de la Universidad Rafael Landívar y el Banco Central, habida cuenta del estrecho vínculo existente entre el ambiente y la energía.

A través de este ejercicio, se ha visto como la energía interviene en todas las actividades económicas, aunque con diferente intensidad, pero con efectos en el total de la economía lo que la hace un insumo indispensable para el desarrollo sostenible y la calidad de vida.

Como ya se dijo desde el inicio, es un hecho que la capacidad de obtener y generar información que cumpla con ciertos principios básicos de calidad y confiabilidad es una premisa para llevar adelante cualquier programa que persiga establecer indicadores y los procesos de monitoreo y control correspondientes al desempeño energético de la economía en general y de la eficiencia energética en particular. La realidad de nuestros países con limitaciones financieras y presupuestarias para conformar equipos capacitados hace necesario abordar estos desafíos con imaginación, trabajando juntos en forma cooperativa.

En consecuencia, el propósito de este trabajo ha sido incentivar el estudio y la exploración de instrumentos como los mencionados, que ya funcionan bajo las más altas normas internacionales, llevando cuenta y razón de los flujos económicos incluyendo aquellos que se suscitan en la cadena energética desde la producción hasta el consumo de los sectores y aspectos ambientales medidos y monitoreados en la cuenta de energía del sistema satélite ambiental SCAEI.

Esperamos haber alcanzado el objetivo previsto en la introducción, en el sentido de despertar el interés y favorecer la discusión especialmente en el área energética de los sectores involucrados, en particular del sector público y especialistas, a efecto de ahondar en extender el uso y desarrollo de estas herramientas, analizar las posibilidades de desagregar la información para alcanzar mayor precisión y detalle, todo lo cual será muy útil especialmente para la planificación y la formulación de políticas y programas en el tema energético en general y en la eficiencia energética en particular.

E. Bibliografía

Altomonte, Hugo (2009), *América Latina y el Caribe frente a la situación energética internacional: oportunidades para una nueva agenda de políticas*, CEPAL, Santiago de Chile.

Banguat (Banco de Guatemala) (2007), «Tomo I: Sistema de Cuentas Nacionales», SCN93-Año base 2001, *Aspectos Metodológicos*, abril.

Castañeda, Juan Pablo (2007), *Elementos esenciales para la compilación del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica Integrada de Guatemala*, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (IARNA), Ciudad de Guatemala, Guatemala, Universidad Rafael Landívar.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (2005), Isa, Farid, Marcelo Ortúzar y Rayén Quiroga, «Cuentas ambientales: conceptos, metodologías y avances en los países de América Latina y el Caribe», *Serie de Estudios Estadísticos y Prospectivos* N° 30 [en línea], Santiago de Chile <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4730/S0412954_es.pdf?sequence=1>.

Colom Bickford, Carlos (2010), «Licitación para el suministro de potencia y energía en Guatemala PLATTS», Presidente Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE).

Guatemala en cifras [en línea], <www.banguat.gob.gt>.

Horta, Luiz Augusto (2010), *Indicadores de políticas públicas en materia de eficiencia energética en América Latina y el Caribe* (LC/W.322) [en línea], Santiago de Chile, CEPAL-GTZ, <repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3763/1/S2010360_es.pdf>

IARNA (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente - URL) (2009), *Compendio de cuadros estadísticos del Sistema de Contabilida Ambiental y Económica Integrada de Guatemala (SCAEI), 2001-2006*, Ciudad de Guatemala, Universidad Rafael Landívar.

Ortúzar Ruiz, Marcelo (2001), *Taller internacional cuentas nacionales de salud y género*, CEPAL, OPS/OMS-FONASA, Santiago de Chile, 18 y 19 de octubre.

Schuschny, Andrés Ricardo (2005), «Tópicos sobre el modelo de insumo-producto: teoría y aplicaciones», CEPAL [en línea], Santiago de Chile, diciembre <www.cepal.org/deype/noticias/noticias/0/22350/redima2005_schuschny.pdf>.

_______ (2010), «Tomo II: Sistema de Cuentas Nacionales», SCN93, diciembre.

The World Bank (2011), «The changing wealth of Nations: measuring sustainable development in the new millenium» [en línea], <siteresources.worldbank.org/ENVIRONMENT/Resources/ChangingWealthNations.pdf>.

La presente compilación de artículos —preparados por sus autores con motivo de la convocatoria al Premio Dr. Fernando Cuevas 2010— ha sido realizada por la Unidad de Energía y Recursos Naturales (UERN) de la Sede Subregional de la CEPAL en México. Con motivo de dicha ocasión fueron invitados profesionales del sector energético de América Latina y el Caribe a presentar trabajos sobre el tema «Energía, cambio climático y desarrollo sostenible: los desafíos para América Latina».

Los premios para los dos artículos ganadores —Primer Lugar: «Monopolios de Estado y Política del Cambio Climático en México ¿Bastiones de Cambio o Barreras Estratégicas?», de Miriam Grunstein (Módulo IV, artículo IV.3, del presente documento), y el Segundo Lugar, «Cuentas de energía como instrumento para evaluar eficiencias sectoriales en la región Centroamericana», de Juan Pablo Castañeda, Juventino Gálvez, Renato Vargas y Héctor Tuy (Módulo VI, artículo VI.5 del presente documento)— fueron entregados durante el Tercer Encuentro Latinoamericano de Economistas de Energía («3ELAEE: Energía, cambio climático y desarrollo sostenible: Los desafíos para América Latina»), realizado en el Centro de Convenciones de la Universidad Católica, Buenos Aires, Argentina, los días 18 y 19 de abril de 2011. El presente documento contiene los artículos recibidos y aceptados para su revisión por parte del Comité Académico conformado para el Premio.

C E P A L

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)
Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC)
www.cepal.org